

GRAU EN CIÈNCIES I TECNOLOGIES DE L'EDIFICACIÓ
TREBALL DE FI DE GRAU

AVALUACIÓ ENERGÈTICA AL CEIP TORRE DE LA LLEBRE

Projectista/es: Oriol Crosas Batlló

Director/s: Immaculada Rodríguez / Angelina Peñaranda

Convocatòria: Juny/Juliol 2014

INDEX – MEMÒRIA

INTRODUCCIÓ	5
0. DEFINICIÓ DEL PROJECTE	7
0.1 OBJECTIUS	7
0.2 METODOLOGIA	7
0.3 MARC NORMATIU	9
1. FASE 0: PREDIAGNOSI	11
1.1 ARXIUS PREVIS	11
1.2 DESCRIPCIÓ DE L'EDIFICI	11
1.2.1 La ciutat i l'escola. Emplaçament i climatologia	11
1.2.2 Dades existents del centre	11
1.2.3 Planejament urbanístic	13
1.3 EVOLUCIÓ CONSTRUCTIVA DEL CENTRE	14
1.4 ANTECEDENTS HISTÒRICS	14
1.4.1 Arquitectura i societat a Rubí a principis del segle XX	14
1.4.2 Les Torres d'en Massana: fets històrics	18
1.5 AVALUACIÓ INICIAL I COMPARACIÓ AMB ALTRES ESCOLES	19
2. FASE 1: AIXECAMENT DE DADES	21
2.1 DADES ESTÀTIQUES	21
2.1.1 Arquitectura	21
2.1.2 Construcció	22
2.1.3 Instal·lacions	28
2.1.4 Perfil d'ús i ocupació	30
2.2 DADES DINÀMIQUES	33
2.2.1 Seguiment del consum	33
2.2.2 Seguiment de la intensitat d'ús	34
2.2.3 Seguiment de la gestió	35
2.2.4 Seguiment de les condicions de confort	36

3. FASE 2: AVALUACIÓ	37
3.1 ANÀLISIS DE L'EFICIÈNCIA ENERGÈTICA	37
3.1.1 Eines informàtiques d'avaluació	37
3.1.2 Demanda tèrmica	37
3.1.3 Demanda lumínica	41
3.2 ANÀLISI DELS SISTEMES	47
3.3 ANÀLISI DEL FUNCIONAMENT	49
3.3.1 Ocupació	49
3.3.2 Gestió i manteniment	50
3.3.3 Condicions de confort	51
3.4 ANÀLISI DELS CONSUMS	52
3.4.1 Electricitat	52
3.4.2 Aigua	54
3.4.3 Gas Natural	54
4. FASE 3: DIAGNOSI I LÍNIES D'ACTUACIÓ	57
4.1 DIAGNOSI	57
4.2 LÍNIES D'ACTUACIÓ	58
4.2.1 Actuacions sobre l'envoltant	58
4.2.2 Actuacions sobre les instal·lacions	59
4.2.3 Actuacions sobre la gestió dels recursos	59
5. FASE 4: PROPOSTES D'INTERVENCIÓ	61
5.1 L1: PROPOSTES SOBRE L'ENVOLTANT	61
4.1 L2: PROPOSTES SOBRE LES INSTAL·LACIONS	62
4.2 L3: PROPOSTES SOBRE LA GESTIÓ	65
6. ACONDICIONAMENT ACÚSTIC	67
7. CONCLUSIONS	69
8. BIBLIOGRAFIA	71
9. AGRAÏMENTS	73

INDEX – ANNEXOS

ANNEX A. PLÀNOLS

- EMPLAÇAMENT
- DISTRIBUCIONS EDIFICI PRINCIPAL
- DISTRIBUCIONS EDIFICI ANNEX
- ALÇATS EDIFICI PRINCIPAL
- SECCIONS EDIFICI PRINCIPAL
- INSTAL·LACIÓ DE CALEFACCIÓ EDIFICI PRINCIPAL
- INSTAL·LACIÓ DE CALEFACCIÓ EDIFICI ANNEX
- INSTAL·LACIÓ D'IL·LUMINACIÓ EDIFICI PRINCIPAL
- INSTAL·LACIÓ D'IL·LUMINACIÓ EDIFICI ANNEX
- ESQUEMES ELÈCTRICS UNIFILARS

ANNEX B. REPORTATGE FOTOGRÀFIC

ANNEX C. GRÀFICS DE CONSUMS HISTÒRICS

ANNEX D. OBTENCIÓ DE DADES

- RESULTATS DEL PROGRAMA LIDER, EDIFICI PRINCIPAL
- RESULTATS DEL PROGRAMA LIDER, EDIFICI ANNEX
- RESULTATS DEL PROGRAMA CALENER VYP, EDIFICI PRINCIPAL
- RESULTATS DEL PROGRAMA CALENER VYP, EDIFICI ANNEX
- DADES TÈCNIQUES DE LES LLUMINÀRIES DEL CENTRE (DIALUX)
- RESULTATS DEL PROGRAMA DIALUX PER A CADA ESPAI
- ENQUESTA PERCEPCIÓ DE CONFORT

ANNEX E. PROPOSTES D'INTERVENCIÓ

- RESULTATS DEL PROGRAMA LIDER MODIFICANT FINESTRES
- RESULTATS DEL PROGRAMA CALENER VYP MODIFICANT FINESTRES
- RESULTATS DEL PROGRAMA CALENER VYP, AMB PLAQUES SOLARS
- RESULTATS DEL PROGRAMA DIALUX AMB LES SOLUCIONS PROPOSADES

ANNEX F. TRADUCCIÓ A L'ANGLÈS

INTRODUCCIÓ

En els darrers anys hem vist créixer la necessitat de limitar el consum energètic i millorar qualitat dels edificis en la vessant d'eficiència energètica, donades les circumstàncies mediambientals, socials i econòmiques que vivim. El creixement actual de demanda energètica lligada al creixement de la població mundial, esdevé insostenible seguint la tendència actual. En el sector de la construcció, entre energia necessària per la fabricació de materials, transport, la pròpia construcció i l'ús posterior dels edificis, és el sector més consumidor d'energia; aquest fet és significatiu, per la qual cosa es fa evident que les actuacions en edificació han de passar per la rehabilitació energètica de l'edificació existent i basar-nos en aquests criteris per a la projecció de nova construcció.

Avui dia disposem dels recursos i tecnologies suficients per dur a terme aquestes actuacions. Tenim a l'abast estudis, experiència i materials per reduir les demandes energètiques, el consum i el cost econòmic associat. En nova construcció hem de replantejar-nos els sistemes emprats i donar pas a la possibilitat d'utilització de materials de baix impacte ambiental, recuperant maneres de construir anteriors i unint-les amb les tecnologies que disposem en l'actualitat. L'estudi constructiu i arquitectònic i la comunió entre edifici i entorn han de tenir un pes important durant el projecte per a que el consum d'aquest per garantir les condicions de confort sigui el més baix possible, reduint així les emissions i col·laborant amb el medi ambient.

Aquest projecte s'origina a partir d'un treball previ, realitzat durant el curs d'ampliació de competències (DAC) en Impacte Ambiental de l'Edificació i Rehabilitació Energètica, en el qual es va procedir a l'estudi d'un centre escolar, comprendre'n l'arquitectura i la construcció per finalment avaluar-lo energèticament utilitzant les eines informàtiques pertinents. El present projecte és una ampliació del mateix, fent un estudi més exhaustiu de l'edifici principal i incloent un edifici annex de l'escola que va ser exclòs del treball previ. Amb aquest tipus d'avaluacions contribuïm a la reducció de costos procedents del consum d'energia i, conseqüentment, tenim l'oportunitat de reduir les emissions de CO₂.

La metodologia emprada per avaluar energèticament els edificis de l'escola és la explicada durant el curs del DAC en Impacte Ambiental i Rehabilitació Energètica d'Edificis. Donat el fet de que en el CEIP Torre de la Llebre trobem fins a tres edificacions diferenciades, construïdes en diferents èpoques i amb mètodes i materials constructius diferents, s'estudien tant conjuntament com per separat, i d'aquesta manera poder fer una comparació del funcionament energètic de tres edificis d'èpoques diferents amb el mateix ús en l'actualitat.

Les eines informàtiques que s'utilitzen oficialment per a complir amb el Codi Tècnic en matèria de demanda i qualificació energètica seran aplicades al centre CEIP Torre de la Llebre, objecte d'estudi. Aquestes eines són el LIDER i el CALENER VYP, a més del programa DIALUX per a l'estudi lumínic dels espais del centre. Els resultats que s'obtinguin permetran considerar les millores que es poden dur a terme i quines línies d'actuació es poden considerar més oportunes, un cop els haguem comparat amb els consums reals de recursos que hi ha a l'escola.

Previ a entrar en matèria d'avaluació energètica, es fa menció de la metodologia constructiva durant el primer quart del segle XX, del qual data la part més antiga de l'escola, estudiant diverses edificacions construïdes en els mateixos anys a la ciutat. Això ens ajudarà a comprendre els materials que es solien usar per a l'edificació i els sistemes constructius emprats, a més dels contextos històrics i socials que els afecten, tenint en compte que tractem amb una edificació que forma part del patrimoni arquitectònic de la ciutat de Rubí.

En resum, aquest estudi pretén analitzar energèticament l'edifici objecte d'estudi, avaluar-lo i proposar millores que en redueixin el consum, sota el Real Decreto 233/2013 que obliga a qualificar energèticament els edificis i els objectius del Decret 21/2006 de ecoeficiència.

0. DEFINICIÓ DEL PROJECTE

En aquest projecte es procedeix a l'avaluació energètica d'un centre escolar. Per a tal finalitat, és necessari executar un recull de dades per comprendre com s'usa l'energia i com podem controlar les despeses, identificar les àrees susceptibles de millora, entendre els factors que afecten al consum i avaluar-ne les oportunitats d'estalvi. La metodologia vindrà marcada per diverses fases, que en el present projecte s'estendrà la inicial més enllà de l'estricta avaluació energètica, per una comprensió d'un context de caire més aviat social de l'edifici i la ciutat, donat el fet que s'inclou part del patrimoni arquitectònic de la localitat. Per tant, abans d'entrar en matèria d'avaluació energètica, es fa una breu menció dels successos històrics que varen tindre lloc a l'edifici i dels estils arquitectònics, materials i mètodes constructius que predominaren en el primer quart del segle XX a Rubí, del qual data la part més antiga de l'escola, estudiant diverses edificacions construïdes en els mateixos anys a la ciutat.

Donat el fet de que en el CEIP Torre de la Llebre trobem fins a tres edificacions diferenciades, construïdes en diferents èpoques i amb mètodes i materials constructius diferents, s'estudien tant conjuntament com per separat, i d'aquesta manera poder fer una comparació del funcionament energètic tant entre els tres edificis de la mateixa escola, d'èpoques diferents amb el mateix ús en l'actualitat, com del conjunt de l'escola envers altres centres educatius.

0.1 OBJECTIUS

Els objectius que es pretenen assolir en la realització d'aquest projecte seran molt similars als d'altres projectes d'avaluació energètica d'edificis i seguint un procés metodològic gairebé idèntic, dividit en fases, si bé en el present treball hi ha una part d'estudi del context històric de la ciutat. El principal objectiu serà comprendre la totalitat de l'edifici amb suficient detall com per poder fer una rehabilitació energètica que s'ajusti a la realitat. Així doncs, els següents punts defineixen uns petits objectius per aconseguir l'objectiu principal:

- Estudiar el context històric i social en que es va construir el primer edifici del centre i conèixer els sistemes constructius que s'usaven a l'època i els seus materials.
- Entendre l'evolució constructiva del centre fins al dia d'avui, quan i com es va construir cada un dels tres edificis.
- Comprendre l'estat actual de l'escola objecte d'estudi, analitzar amb detall la seva arquitectura i construcció, així com els seus sistemes d'instal·lacions.

- Comprovar la veracitat dels plànols que es puguin obtenir. Corregir-los en cas de contenir errors o estar desfasats i realitzar els plànols que faltin, tals com seccions constructives.
- Analitzar la demanda de l'edifici, els seus consums i qualificar-lo energèticament. A partir dels resultats, fer una comparació entre els diferents edificis de la pròpia escola i comparar el conjunt amb d'altres escoles.
- Identificar les àrees on no s'està usant l'energia de forma eficient i en quins punts es poden introduir millores per tal de reduir les despeses associades.
- Proposar diferents línies d'actuació per tal de reduir el consum i valorar la seva viabilitat econòmica.

0.2 METODOLOGIA

La metodologia emprada per avaluar energèticament els edificis de l'escola és la explicada durant el curs del DAC en Impacte Ambiental i Rehabilitació Energètica d'Edificis i que s'exposa al llibre *Avaluació energètica d'edificis. L'experiència de la UPC, una metodologia d'anàlisi*. Aquest llibre es pren com a referència per al procés d'avaluació, seguint les fases que en el mateix s'expliquen, recollint la documentació oportuna en cada una d'elles i utilitzant les eines i el programari adequat.

Les fases en les que es divideix el desenvolupament de l'avaluació energètica són:

- **FASE 0:** Prediagnosi
- **FASE 1:** Aixecament de dades
- **FASE 2:** Avaluació
- **FASE 3:** Diagnosi i línies d'actuació
- **FASE 4:** Propostes d'intervenció

El procés dut a terme mitjançant aquestes fases permetrà conèixer l'escenari inicial, les característiques de l'edifici, les seves disfuncions i quins processos es poden dur a terme per millorar-ne l'eficiència energètica.

Fase 0: Prediagnosi

És la fase prèvia a tot el procés d'avaluació energètica adreçada a descobrir els punts febles concurrents a l'edifici. En aquesta fase es presenta l'edifici que s'estudiarà, la seva ubicació, dades existents i l'evolució constructiva que l'ha afectat. Amb aquestes dades es podrà fer, sense ser un estudi específic en profunditat, una primera avaluació per valorar el potencial de millora i intuir quines serien les possibles línies d'actuació, en termes generals. En les fases posteriors, havent recollit la informació específica, es podrà dur a terme una anàlisi molt més detallada.

En el cas del present projecte, com ja s'ha mencionat anteriorment, aquesta fase es porta un pas més enllà amb la recerca històrica dels antecedents que afecten l'escola. El motiu per al qual es fa menció d'aquests antecedents històrics és per la pertinença de part de l'edificació al patrimoni arquitectònic de Rubí, i tenir en compte la història del que estem avaluant ens pot ajudar a actuar-hi de la forma correcta tractant-se d'un edifici singular per la ciutat. Així doncs, es farà menció dels successos històrics que hi van tenir lloc, l'estil arquitectònic del propi edifici i de l'època i als edificis destacables que per l'any de construcció, materials i fisonomia s'assimilen als del col·legi estudiat. Aquest conjunt també ens ajuda a 'prediagnosticar' amb quines disfuncions ens podem trobar.

Fase 1: Aixecament de dades

Essent la primera fase de l'avaluació energètica que es du a terme, dependran d'aquesta els resultats finals de l'auditoria. Cal que gestors i usuaris de l'edifici facilitin l'accés a les dades i fonts d'informació per a que les conclusions del projecte siguin el més fiables possible. En el llibre, anteriorment mencionat, utilitzat com a guia per a l'elaboració del treball s'estableixen tres tipus d'accessibilitat a les dades:

- **Nivell bàsic**, per edificis amb informació escassa o dades que caldrà verificar
- **Nivell mitjà**, per aquells edificis els quals tenen una disponibilitat parcial de dades, les quals cal millorar-ne la qualitat i la quantitat.
- **Nivell detallat**, per als edificis als que l'accessibilitat a les dades és alta i de qualitat, fet que permet que només calgui constatar-les.

Les dades que es recullen es podran diferenciar segons el seu tipus. Així doncs, dividirem les dades obtingudes en dos tipus:

- **Dades estàtiques**, que seran aquelles que es consideren que no varien al llarg del temps. En aquest apartat es definiran les característiques arquitectòniques i constructives de l'edifici, els sistemes d'instal·lacions i el perfil d'ocupació, distingint-les entre si.

- **Dades dinàmiques**, definides com les dades que son variables en el temps, entre les quals trobarem el consum de l'edifici, la intensitat d'ús, les condicions de confort i la gestió dels sistemes i recursos.

Obtingudes les dades, se'n millora la qualitat a partir de la realització de fotografies o la transformació de plànols que s'obtenen en paper a format digital, amb l'elaboració de les oportunes seccions constructives, inexistents fins al moment.

Fase 2: Avaluació

Completada la tasca de la recollida de dades, que caldrà haver-la fet amb la màxima precisió possible per obtenir resultats fiables, es procedirà a l'avaluació que posteriorment ens permetrà fer una diagnosi de l'escola objecte d'estudi. Es processaran les dades per tal de fer una avaluació dels següents conceptes:

- La demanda energètica de l'edifici, tant tèrmica com lumínica.
- El consum de recursos energètics, on principalment hi tindrem electricitat, aigua i gas.
- Els sistemes i aparells que consumeixen energia i que cobreixen la demanda especificada en l'apartat primer, es a dir, els sistemes i aparells de climatització i il·luminació.
- Les condicions de funcionament (ocupació, manteniment, gestió i paràmetres de confort)

Els resultats que s'obtenen es podran sintetitzar en dades de les que se n'extreuen uns valors significatius que permeten caracteritzar l'edifici. L'avaluació global de l'eficiència energètica es comprova mitjançant la comparació entre la demanda teòrica, que obtenim estimant un rendiment dels equips i sistemes, i el consum real que s'observa a partir de les dades de facturació. L'anàlisi resultant permet valorar el potencial d'estalvi i l'oportunitat de millora. També serà important detectar mancances en la gestió i el manteniment d'aquests sistemes, ja que aquí podria residir la diferència entre el consum teòric i l'efectiu.

Amb aquests índexs o valors significatius s'assoleix la possibilitat de transformar les dades recollides en valors unificats i comparables, fet que permetrà que comparem la posició de la nostra escola amb d'altres centres escolars, pel que fa a l'eficiència energètica.

Fase 3: Diagnosi i línies d'actuació

Comparades les dades obtingudes de l'edifici objecte d'estudi amb els valors de referència i havent-les avaluat, es pot realitzar una diagnosi i, a continuació, definir les línies d'actuació que cal seguir. Amb l'anàlisi dels paràmetres de l'envoltant arquitectònica, les instal·lacions, l'ús i la gestió s'obtenen diagnòstics parcials dels quals se'n podrà extreure les línies d'actuació que es poden dur a terme per la

millora de l'eficiència energètica. Així doncs, definirem diverses possibles actuacions, encarades en diferents línies:

- Actuacions sobre l'envoltant, que tenen a veure amb les característiques arquitectòniques i constructives, concretament amb la seva pell, com poden ser els tancaments exteriors, cobertes, portes i finestres, etc.
- Actuacions sobre els sistemes, que seran les intervencions encarades a millorar el funcionament dels aparells i sistemes que cobreixen la demanda energètica, com per exemple les lluminàries, els aparells de calefacció i/o refrigeració, etc.
- Actuacions sobre la gestió, en les que s'agrupen les actuacions que es relacionen amb l'ocupació dels espais de l'edifici i els seus usos (horaris, nombre d'usuaris, espais buits, etc.)

Per a cada actuació identificada se'n valorarà la seva incidència sobre la demanda energètica, el percentatge d'estalvi que pot significar i si és una actuació tècnica i econòmicament viable.

Fase 4: Propostes d'intervenció

Seguint amb la línia marcada en la fase anterior, en aquesta última fase de l'auditoria es proposaran algunes actuacions a realitzar a l'edifici amb la finalitat de que suposin una millora en la vessant energètica. Algunes d'aquestes actuacions s'haurien de traduir en projectes específics per a la seva aplicació, fet que han de desenvolupar els responsables de la gestió del centre docent.

De les propostes que s'exposen en aquesta fase se'n farà una valoració econòmica, a més de estimar el temps d'amortització que suposaria la inversió, tenint en compte els beneficis energètics. Amb aquestes dades i la valoració de la viabilitat econòmica de cada proposta, s'establirà un ordre de prioritats.

0.3 MARC NORMATIU

El Parlament Europeu i del Consell aprovà el 16 de desembre de 2002 la Directiva 2002/91/CE, en la qual s'exposaven les exigències relatives a la certificació energètica d'edificis de la Comunitat Europea. Posteriorment, la directiva es modifica el 19 de maig de 2010 amb la Directiva 2010/31/UE del Parlament Europeu i del Consell. La directiva neix de la intenció de complir amb el Protocol de Kioto, considerant que el 40% de l'energia consumida a la Unió Europea correspon als edificis. La modificació entra en vigor el 9 de juliol del 2010, i s'estableixen les següents paràmetres en relació a l'eficiència energètica dels edificis:

- Certificació energètica dels edificis
- Requisits mínims d'aplicació a edificis de nova construcció, edificis existents que siguin objecte de reformes importants, elements de construcció que formin part de l'envoltant de l'edifici i instal·lacions tècniques dels edificis quan s'instal·lin, es substitueixin o es millorin
- Seguiment d'una metodologia de càlcul de l'eficiència energètica integrada als edificis
- Inspecció periòdica de les instal·lacions de calefacció i aire acondicionat
- Sistemes de control independents dels certificats d'eficiència energètica i dels informes d'inspecció
- Plans nacionals per augmentar el nombre d'edificis amb energia de consum quasi nul·la.

La transposició d'aquesta directiva (i la seva modificació del 2010) a l'Estat Espanyol s'adopta a partir de diverses normatives que es succeeixen:

- Real Decreto 314/2006, per al qual s'aprova el *Código Técnico de la Edificación*, el qual incorpora el *Documento Básico Ahorro de Energía* (DB HE) per incorporar les exigències marcades en la directiva europea.
- Real Decreto 1027/2007 (20 de juliol), en el que s'aprova el *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios* (RITE).
- Real Decreto 47/2007 (19 de gener), a través del qual s'aprova el procediment bàsic per a la certificació d'eficiència energètica d'edificis de nova construcció. Aquest decret, que transposa parcialment la directiva europea del 2002, explica la metodologia de càlcul de la qualificació energètica considerant els factors que tenen més incidència en el consum d'energia
- Real Decreto 235/2013 (5 d'abril), per al qual s'aprova el procediment bàsic per a la certificació de l'eficiència energètica i l'obligació de qualificar energèticament els edificis. Amb aquest decret es transposa parcialment la modificació del 2010 de la directiva europea.
- Real Decreto 238/2013 (5 d'abril), per al qual es modifiquen determinats articles i instruccions tècniques del RITE aprovat en el Real Decreto 1027/2007.

A efectes del present projecte, és important tenir en compte la *Orden FOM/1635/2013*, del 12 de setembre, mitjançant la qual s'actualitza el Document Bàsic *DB-HE Ahorro de Energía* del CTE. Les exigències d'aquest document, més restrictives que en l'original, seran en les que ens fixarem per analitzar els punts febles en el funcionament del nostre edifici, que després ens serviran per elaborar les línies d'actuació més apropiades.

A Catalunya, s'aprova el Decret 21/2006 el 14 de febrer, a partir del qual es regula l'adopció de criteris ambientals d'ecoeficiència en els edificis. Aquest decret també es tindrà en consideració per la confecció del treball, juntament amb l'actualització del CTE esmentada.

1. FASE 0: PREDIAGNOSI

1.1 ARXIUS PREVIS

Constatem que el CEIP Torre de la Llebre té una accessibilitat a les dades de nivell alt. En la primera visita a l'escola, es van poder aconseguir plànols de tota l'escola, inclosos plànols d'instal·lacions, tot i que en format paper. Tot i haver comprovat que aquests plànols s'ajustaven a la realitat en quant a disposició dels elements, no s'especifica ni als plànols ni al corresponent projecte de reforma de les instal·lacions les característiques dels elements, ni de les lluminàries ni dels radiadors. Els plànols obtinguts no són precisos en quant a les distribucions i particions dels espais, tot i que les variacions no eren exagerades; tots ells s'han passat a format CAD amb els petits errors corregits, per la qual cosa els plànols que es poden consultar als annexos són fidels a la realitat.

També es va poder obtenir les dades de consums dels últims tres anys, recollides per l'equip de l'Euronet 50/50 amb la col·laboració de l'Ajuntament, projecte que té com a objectiu la reducció de consums a les escoles i millorar l'eficiència energètica. Aquestes dades es van poder contrastar i ampliar amb Jordi Nuñez, enginyer tècnic de manteniment del consistori que coneix la situació de les instal·lacions dels edificis de l'Ajuntament, amb qui em vaig poder reunir per rebre informació sobre la situació actual i històrica dels sistemes d'instal·lacions de l'escola.

L'arquitecte de l'escola també ha estat accessible i encantat de col·laborar aportant informació, facilitant el projecte de reforma de l'edifici antic (amb la construcció d'un ascensor i la millora de l'accessibilitat) i el projecte de construcció de l'edifici Annex, amb el qual s'han pogut introduir les dades a les eines informàtiques amb força precisió i reflectir-ho també a la memòria, en els apartats corresponents. Enric Xercavins, l'enginyer calculista de l'estructura de l'edifici del 1982 i de l'edifici Annex ha aportat informació sobre l'estructura dels edificis, fet que ha facilitat la comprensió constructiva de les edificacions, i també documentació fotogràfica. En la part que s'ha destinat a comentar els antecedents històrics, s'ha pogut trobar molta informació a través de les publicacions i recerques del Grup de Col·laboradors del Museu de Rubí, i s'ha pogut completar i contrastar a través de fonts orals; també les fitxes del Catàleg i Pla Especial de Protecció del Patrimoni Arquitectònic, Arqueològic i Natural de Rubí han estat de gran ajuda per acabar de comprendre la construcció més antiga de l'escola, que a banda de consultar-ne les característiques tècniques a les fitxes, s'han pogut analitzar en detall 'in situ', accedint a l'edifici veí que està realitzat amb els mateixos materials i tipologia constructiva.

1.2 DESCRIPCIÓ DE L'EDIFICI

Dins del recinte escolar es diferencien dos edificis no connectats directament entre si i que funcionen de manera independent. Alhora, a l'Edifici Principal, on hi trobem la majoria de les aules i despatxos del professorat, hi distingim dos edificacions construïdes en diferents èpoques. La part més antiga fou originàriament una torre d'ús residencial, que formava part d'un complex de cinc torres construïdes a la mateixa zona per una família de constructors barcelonins a principis del segle XX; seixanta anys més tard i després d'haver viscut diversos fets històrics, es rehabilita i es construeix l'ampliació que permet d'inauguració del CEIP Torre de la Llebre. Vint anys més tard i davant les necessitats d'espai per albergar un menjador, es construeix un nou edifici al centre, que anomenarem Edifici Annex, en el qual principalment hi trobem el gimnàs i vestidors, el menjador i la cuina, a més del rebost i d'alguna aula extra.



Il·lustració 1.1: Edifici Principal (Font: fotografia pròpia)

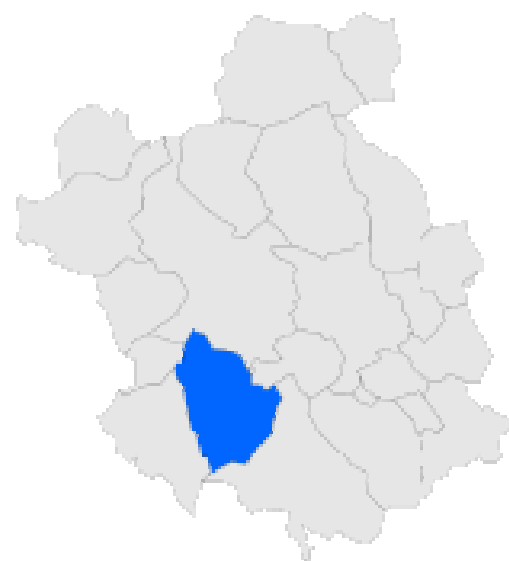


Il·lustració 1.2: Edifici Annex (Font: fotografia pròpia)

1.2.1 La ciutat i l'escola. Emplaçament i climatologia

Rubí, població en la qual es troba el centre objecte d'estudi, és un municipi mil·lenari situat a la comarca del Vallès Occidental. El territori de la població té una formació de vall, la vall de la riera de Rubí, i limita al nord amb Terrassa i Sant Quirze del Vallès, al sud amb Castellbisbal, a l'est amb Sant Cugat del Vallès i a l'oest amb Ullastrell. Amb uns 74.000 habitants, Rubí és la quarta ciutat del Vallès Occidental en població, després de les dues cocapitals (Terrassa i Sabadell) i Sant Cugat.

Rubí està situat en una part de les serres de la Serralada Prelitoral catalana: la Serra de Can Riquer i la Serra de l'Oleguera al nord, i la Serra de Can Guilera a l'est. Està creuat de nord a sud per la Riera de Rubí i la ciutat compta amb una extensa xarxa de parcs i zones verdes, especialment a la riba nord on hi ha unes grans extensions de natura amb diferents graus de protecció. El municipi compta amb onze escoles públiques d'educació primària i quatre instituts públics d'educació secundària



Il·lustració 1.3: Situació de Rubí a la Comarca del Vallès Occidental (Font: www.wikipedia.org)

Pot ser interessant tenir en compte l'evolució demogràfica de la població per entendre les necessitats d'ampliació d'espais de l'escola, així com la seva procedència donades les diferents cultures i costums. Des de l'ampliació de la torre original del centre, realitzada a l'any 1982, Rubí ha augmentat el nombre d'habitants en uns 30.000; la població immigrant no espanyola representa aproximadament el 20 % del total, principalment de procedència marroquina, equatoriana i colombiana.

Pel què fa al centre escolar, el CEIP Torre de la Llebre es troba a l'Avinguda Massana, número 16, fent cantonada el solar amb el Carrer Art, a l'extrem sud del territori municipal. L'accés al recinte escolar es per la mateixa Avinguda Massana, que és un carrer de vianants o de pas exclusiu de vehicles de veïns. Es té accés a la xarxa d'autobusos urbans de Rubí; a més, hi trobem molt propera l'estació de RENFE de la ciutat i l'accés a l'autopista AP-7 i la carretera C-1413. Podem dir doncs que la ubicació del centre pel què fa a l'accessibilitat i l'entorn és excel·lent

El centre disposa d'un ampli pati, el recinte del qual té una superfície total de 3990 m², dividit per la zona de parvulari i la infantil, amb pistes poliesportives exteriors en la segona i un petit bosc. Ambdues disposen d'un arbrat divers, sobretot pins, però també algun xiprer i alguns arbres de fulla caduca al pati de la zona de parvulari, a la façana sud de l'Edifici Principal.

El clima de Rubí correspon al clima mediterrani, caracteritzat per hiverns relativament suaus. Es troba a tan sols 20 km de la capital catalana, Barcelona; les temperatures màximes i mínimes anuals solen ser d'entre 1 i 2 °C menys que a Barcelona ciutat als mesos d'hivern, mentre que a l'estiu aquests 1 o 2 °C de diferència solen ser per sobre dels de la capital. La humitat relativa també acostuma a ser



Il·lustració 1.4: Emplaçament de l'escola (Font: www.google.es/maps)

lleugerament superior a la de Barcelona, situant-se entorn del 70% de mitjana anual. Aquesta alta humitat relativa afecta a la sensació tèrmica als mesos d'estiu, i tot i no tenir normalment temperatures extremes, aquesta humitat fa augmentar considerablement la sensació de calor. La zona climàtica a la que ens trobem és la C2, segons la classificació del CTE, a una altitud de 124 metres respecte el nivell del mar.

La pluviometria és molt similar a la de Barcelona, amb una mitjana anual d'uns 600 mm que té major repercussió durant els mesos de tardor i primavera.

1.2.2 Dades existents del centre

L'escola compta amb 232 alumnes i 21 professors, entre professors d'educació primària, educació especial, reforç i psicopedagogia. Com a personal no docent es compta amb dues persones més, que fan les funcions de consergeria i administració. Durant les hores de menjador, hi ha un equip de 9 persones entre monitors, cuineres i responsable de menjador. L'equip de neteja el formen tres persones.

L'horari lectiu es, de dilluns a divendres, de 8:30 a 12:00 hores i de 14:30 a 16:00 hores. L'horari de menjador es comprèn entre les 12:00 i les 14:30 hores: la primera hora reservada per als cursos de parvulari mentre que els alumnes dels cursos d'educació primària fan tallers, i a partir de les 13:00 hores es el torn dels d'educació primària d'utilitzar el menjador. Les classes tenen inici a principis de setembre i acaben a finals de juny; les últimes dues setmanes del curs canvia l'horari a intensiu, és a dir, amb classes de 8:30 a 12:30 hores.

Com s'ha comentat anteriorment, el centre es divideix en dos edificis independents, no connectats interiorment sinó a través de rampes exteriors. Alhora, l'edifici principal es divideix entre l'antiga torre (de l'any 1920) i l'ampliació de l'escola (a l'any 1982), amb les següents estàncies a cada un:

EDIFICI PRINCIPAL:

TORRE 1920

- 1 aula de d'educació infantil
- 1 aula d'anglès
- 3 aules de tutoria
- 1 lavabo

AMPLIACIÓ 1982

- 2 aules d'educació infantil
- 6 aules d'educació primària
- 1 aula d'informàtica
- 1 biblioteca
- 1 Sala de professors
- Consergeria, secretaria, cap d'estudis i direcció
- 2 vestuaris
- 4 lavabos
- 2 terrasses, d'accés restringit a l'alumnat (una d'elles com a sostre de l'antiga torre)

EDIFICI ANNEX

- 2 aules
- Despatx de l'AMPA
- 2 lavabos
- Menjador
- Cuina i rebost
- Gimnàs, magatzem i vestidors

L'edifici Principal té tres plantes, amb una superfície total de 1154,88 m². L'alçada lliure entre plantes de la part nova és de 3 metres, fet que comporta certa inconnexió amb l'antiga torre, on l'alçada lliure és de 3,80 metres.

L'edifici Annex, inaugurat l'any 2001, té dues plantes i respon com a espai de menjador a la planta baixa, i gimnàs a la primera; l'alçada lliure de les plantes es de 3 metres. Fins aleshores, no es disposava de gimnàs a l'escola i les classes es feien a l'exterior, o a espais interiors si hi havia inclemències del temps. El menjador havia estat anys enrere a l'interior de l'edifici principal, a la zona que avui ocupen els despatxos de direcció, consergeria, secretaria i cap d'estudis, amb una petita cuina a l'espai de vestidors. Més tard es va implantar un mòdul prefabricat al pati per fer les funcions de menjador, pròxim on hi ha l'actual edifici annex, durant uns 5 anys, fins que es va poder inaugurar el nou edifici.

1.2.3 Planejament urbanístic

El CEIP Torre de la Llebre, amb referència cadastral 9020004DF1992S0001JD, s'inclou dins del Pla Especial de Protecció del Patrimoni Arquitectònic, Arqueològic i Natural de Rubí, en la part que correspon a l'antiga torre. La qualificació del sòl en aquesta zona és de sòl urbà, essent la qualificació urbanística com a Parc urbà, segons el PGO vigent. Les disposicions particulars del Pla Especial estableixen tres nivells de protecció sobre els béns del patrimoni arquitectònic: protecció total, parcial o ambiental.

El conjunt de les Torres Massana tenen un nivell de protecció ambiental. Aquest nivell protegeix fonamentalment els entorns dels béns catalogats, i en el cas de les torres, el conjunt dels seus edificis centrants-se en aspectes més perceptius com el volum, l'alçada, les alineacions o elements aïllats. A l'any 2004 s'elabora un catàleg mitjançant unes fitxes dels elements catalogats, i en cada una d'elles es defineix l'àmbit i l'entorn de protecció, les intervencions necessàries i proposades i les formes d'actuació i usos admesos.

A la fitxa de les Torres Massana (fitxa A13) s'especifica la protecció de l'àmbit exterior en els aspectes de volumetria i formalització arquitectònica, en especial els detalls de formigó prefabricat. La protecció del conjunt residencial no només es limita als edificis en si sinó també al seu entorn natural i els límits de la propietat, ja que en aquest cas les torres estan limitades per una tanca de pedra artificial armada d'interès arquitectònic. Com a intervencions, s'especifica la necessitat de conservació i es proposa la seva restauració, ja que a banda de l'escola i una de les torres, les altres dues que encara existeixen resten en un estat de conservació força precari, així com la tanca exterior, menjada per la vegetació i que corre el perill de perdre's.

1.3 EVOLUCIÓ CONSTRUCTIVA DE L'EDIFICI

Juntament amb quatre torres més, al voltant de l'any 1920 la família Massana va construir la torre, que conforma la part més antiga de l'actual CEIP Torre de la Llebre. Durant molts anys s'han mantingut alguns elements originals, com la fusteria, l'acabat de rajola dels interiors, o les escales amb la barana que arriben fins al terrat; actualment alguns d'aquests elements han estat substituïts o s'han perdut per els diferents canvis que ha sofert l'escola i pel canvi d'ús.

L'ús de l'antiga torre, exceptuant els anys de la Guerra Civil, és residencial fins al 1976, quan passa a ser el centre escolar d'una cooperativa de pares i mares. Davant les necessitats d'espais, es construeix l'ampliació de l'escola al 1982 i és quan es converteix en centre escolar públic d'educació infantil i

primària. L'edifici, projectat per l'arquitecte Josep Milà, es construeix connectat a la torre, com si aquest fos una extensió de la mateixa en direcció oest. Interiorment, els edificis es van connectar a través de les escales realitzant una obertura al mur en el punt coincident amb el replà de cada edifici, de manera que cada edifici contenia escales independents i es passava d'un edifici a l'altre a través del replà de l'escala de planta baixa a primera de l'edifici nou.

Anys més tard, al 2001, s'inaugura l'edifici annex projectat pel el mateix arquitecte Josep Milà, que albergaria principalment el gimnàs, menjador i cuina. Fins aquell moment, la cuina era dins la zona de vestidors de l'edifici del 1982, el menjador era un mòdul prefabricat col·locat al costat on actualment hi ha l'edifici annex i el gimnàs no existia, les classes es feien a la pista poliesportiva del pati. També es construeixen unes passeres exteriors per anar d'un a l'altre edifici.

A l'any 2002 es duen a terme obres per afegir un ascensor a l'edifici principal, a la zona limítrofa entre la part antiga de l'edifici i la 'nova', situant-se on hi havia les antigues escales de la torre. En aquesta actuació, també es millora la connexió entre l'antiga torre i l'edifici del 1982 amb la finalitat de homogeneïtzar el conjunt i complir amb el codi d'accessibilitat. Per tant, s'eliminen les escales antigues i es construeixen rampes que neixen als passadissos de planta primera i segona de l'ampliació del 82 i faciliten el pas entre edificis, salvant les diferències entre les alçades lliures de les plantes d'una i altra construcció.

L'any 2009 es du a terme una reforma i adequació de les instal·lacions de l'escola, redactada per l'arquitecte Miguel Ángel Gallardo Merino. Comprovem que s'han reformat les instal·lacions d'aigua, calefacció i electricitat, actualitzant a normativa tots els elements. També es duen a terme actuacions a les cobertes de les dues parts de l'edifici, afegint el corresponent aïllament i reparant les baixants que perdien aigua i provocaven humitats, així com un pintat de revestiments interiors verticals i horitzontals, tractant les humitats existents. El pressupost total per aquesta reforma va ser de 330.590,00 €.

1.4 ANTECEDENTS HISTÒRICS

1.4.1 Arquitectura i societat a Rubí a principis del segle XX

L'ESCENARI CATALÀ

Durant el primer terç del segle XX i partir del desenvolupament d'una burgesia industrial, culta i nacionalista, la classe burgesa de Catalunya pretén distingir-se tant de la classe obrera catalana com

de les classes dominants de la resta de l'estat espanyol, demostrant la seva riquesa i poder econòmic. Entre d'altres coses, ho farà a través de la construcció de mansions i cases singulars, fet que provoca que en aquesta època arrelin diversos estils arquitectònics al nostre país: el modernisme, l'eclecticisme i el noucentisme, aquest últim succeït pel racionalisme.

El Modernisme

El modernisme es desenvolupa al nostre país entre el 1890 i el 1910, a partir de l'Exposició Internacional del 1888, i que, com a moviment cultural, té la intenció de modernitzar Catalunya. Aquest estil prové de Gran Bretanya, França, Bèlgica o al nord d'Itàlia, on és ben visible. A Catalunya, l'art modernista vol trencar amb el passat tot mantenint la pròpia identitat, ja que la burgesia catalana mantenia també una ideologia de caire nacionalista; així doncs, aquesta línia arquitectònica conviurà amb una certa contradicció ja que s'aspira a la modernitat i a crear una cultura cosmopolita alhora que s'intenta recuperar la tradició catalana, amb un ressorgiment dels estils romànic i gòtic, considerats autèntics estils catalans.

Les principals característiques de l'arquitectura modernista son:

- Gran connexió entre arquitectura i ornamentació, de manera que aquesta queda integrada harmònicament en l'edifici
- Decoració d'inspiració naturalista
- Predomini de línies corbes i ondulades sobre les rectes
- Predomini de miradors, torrasses, balcons i grans finestrals. Es busquen espais amplis i gran lluminositat a l'interior
- Ús de materials de construcció diversos en un mateix edifici: vidre, ceràmica, pedra, maó, ferro forjat...

Es mira d'integrar harmònicament els diferents elements d'un mateix edifici entre si, i de l'edifici amb el teixit urbà.

L'eclecticisme

Aquest estil consisteix en una barreja de molts estils arquitectònics diferents i extrets del passat en un sol edifici. Predomina en moltes construccions fetes a localitats perifèriques de les capitals artístiques, com pot ser el cas de Rubí, on podem considerar que moltes edificacions construïdes a principis de segle presenten una combinació de diferents estils, amb elements tant modernistes com noucentistes,

a més d'altres tendències. D'igual manera, el que pretenen és mostrar aquesta distinció de classe envers les classes subalternes a través de sumptuosos edificis.

Noucentisme

Durant la dècada dels 10, es comença a elaborar aquesta nova tendència arquitectònica, tot i que precisament en aquests anys es construeixen les grans obres del modernisme català. Durant la dècada dels vint és quan eclosiona el noucentisme i concretament a l'Exposició Universal del 1929, que en serà el gran aparador. Tot i oposar-se al corrent modernista, el noucentisme neix de la mateixa base ideològica, cercant una distinció amb la resta de l'Estat i una europeïtzació del país; en d'altres països europeus també té lloc aquesta evolució.

El nou estil fou impulsat per Puig i Cadafalch, amb focus difusor principal a la ciutat de Barcelona. Es busca una integració a l'estructura social i política, així que la tipologia dels nous edificis solen ser escoles, parcs, jardins, biblioteques o ajuntaments, com el de Rubí, o l'antiga estació rubinenca dels ferrocarrils, del 1918. Hi ha una sensibilitat envers el paisatge, fet que provoca el floriment de jardins i parcs, que a la ciutat de Rubí trobem després de l'arribada del tren i que trobem, per exemple, a la plaça del Domènech (actual plaça Dr. Pearson).

Es recuperen també gèneres oblidats de la cultura tradicional del país. Al noucentisme li succeirà l'arquitectura racionalista, de la qual en podem veure algunes línies a l'edifici que ens ocupa en aquest projecte tot i tenir un caràcter principalment noucentista. El racionalisme ja havia començat a desenvolupar-se a Europa, però no va promoure's a Catalunya fins al 1930 amb el moviment del GATPAC.

RUBÍ A PRINCIPIS DE SEGLE

Entre el 1900 i la proclamació de la II República al 1931, Rubí és una vila tranquil·la i residencial. Era una de les localitats de la perifèria de Barcelona, on les classes benestants es feien construir les seves mansions i que atreïa als membres d'aquesta classe per l'entorn natural i les diferents rutes i excursions que es podien fer a les nombroses fonts dels voltants.

En parlar del context social a principis de segle, es troben dues etapes separades per l'arribada del tren elèctric al 1918, fet que impulsà la vida cultural, econòmica i social de la població. Als primers anys de segle, la pesta fil·loxèrica provocà un ambient de misèria, fet que va empènyer a emigrar a l'Amèrica llatina a molts rubinencs. L'agricultura vinícola era el principal sector econòmic de Rubí, però es trobava en mans d'uns pocs propietaris. A partir dels anys 10 milloraren gradualment les condicions i el nivell

de vida de la població. A partir de l'arribada del tren al 1918, formant part de la primera línia elèctrica oberta a l'Estat espanyol, es facilita la comunicació amb Barcelona, es multiplica l'arribada d'estiuejants adinerats a la vila i augmenta la població, fets que suposaren el creixement econòmic de la ciutat. Tot i que la ciutat a principis de segle era principalment rural, hi va haver una implantació industrial, bàsicament de producció tèxtil; així doncs, a l'any 1930 a Rubí es comptabilitzen 45 fàbriques.

Tot i que es distingien diversos grups social, no existia una conflictivitat social remarcable. Hi havia una vida cultural animada, que s'impulsà a partir de l'arribada del Dr. Guardiet, el qual, des d'una visió catòlica i conservadora, fundà diverses entitats com el Museu de Rubí o l'Esbart Dansaire, que perduren encara avui dia. Aquests factors propiciaren l'establiment de les residències de comerciants i industrials. Per tant, les edificacions privades que es construïren a la vila de Rubí en aquella època eren dissenyades per mostrar el poder econòmic, tant dels burgesos barcelonins que hi estiuejaven, com dels propis rubinencs emigrats a Amèrica que van fer-hi fortuna.

LES PRIMERES CONSTRUCCIONS DEL SEGLE XX

Es poden assenyalar diversos detalls que es repeteixen en les construccions al Rubí de principis de segle:

- La casa sol ser un bloc cúbic d'un o dos pisos i, en ocasions, amb soterrani. Les façanes solen estar acabades en un remat constituït per línies ondulades.
- Les decoracions de les façanes presenten temes habituals en el modernisme (motius vegetals, línies ondulades...)
- Materials de construcció pobres, però amb revestiments vistosos.
- Grans finestrals verticals, per permetre el pas de la llum a l'interior i aconseguir gran lluminositat
- Presència d'una balconada al primer pis
- Jardí adossat a la casa, amb un tancat de pedra i ferro forjat, amb pilastres que poden tenir aspectes ornamentals
- Les cases residencials amb jardí es troben a la perifèria del centre urbà, e llocs airejats i elevats. Moltes d'elles presenten també una torre mirador

Es podria dir que a Rubí no es desenvolupa un estil modernista o noucentista clarament marcat, com podem veure a Barcelona, sinó que és un estil més aviat eclèctic, en el que es mesclen diferents estils. A continuació podem veure les edificacions més representatives de les tendències arquitectòniques de l'època a la ciutat de Rubí i que, pels materials, l'arquitectura, l'època de construcció o l'ús, tenen semblança amb l'antiga torre dels Massana de l'actual escola CEIP Torre de la Llebre

Can Matarí

Construïda al 1920 per ordre del fabricant barceloní de cervesa Moritz, es troba a la urbanització de Castellnou, a les afores de Rubí. Es tracta d'una imponent residència aïllada d'estil modernista, de planta baixa i dos pisos amb una torre mirador, a la qual s'hi accedeix per una escala de cargol. Té una estructura de murs de càrrega de totxo massís, agafats amb morter de calç, i amb una estructura horitzontal de volta de maó i cel ras, sostingut amb bigues de fusta. La coberta és a quatre aigües, acabada amb un entramat de teules vidrades. L'acabat exterior és un arrebossat de calç i sorra, finalment pintat i amb ornaments vegetals de color verd; també trobem un carener de peces vidrades. La distribució interior s'ha conservat, amb una escala central i un corredor al seu voltant que distribueix el pas cap a les habitacions. Les parets son enguixades amb un pintat d'estil modernista. Les finestres son de fusteria de taller. A l'entrada hi ha una marquesina sota el cos central de la façana, que sobresurt respecte els de cada costat.



Il·lustració 1.5: Can Matarí (Font: Catàleg i Pla Especial de Protecció del patrimoni Arquitectònic, Arqueològic i Natural de Rubí – Fitxa núm P1)

Torre Riba o Ezpeleta / Ateneu Municipal

Actualment seu de l'Ateneu municipal, en un principi havia estat la torre de Climent Riba, un pagès rubinenc emigrat a Xile on s'hi havia enriquit. Acabada de construir al 1912, la casa té un estil colonial, de planta rectangular amb planta soterrani, planta baixa, planta pis i torre mirador quadrangular de dos pisos, amb teulada de ceràmica vidrada; el primer pis es cobert amb una coberta plana a la catalana, acabat amb toves. L'estructura vertical és a base de murs de càrrega de fàbrica de totxo, de doble crugia, amb sostres



Il·lustració 1.6: Torre Riba o Torre Ezpeleta, actual seu de l'Ateneu Municipal (Font: fotografia pròpia)

de bigues de fusta amb volta a la catalana. Les façanes son acabades amb arrebossat lliscat i pintat i la fusteria és de taller amb finestra, finestró i persianes de llibret. A la terrassa, l'ampit es resol a partir d'elements prefabricats, i les baranes de les finestres i balcons son a base de ferro forjat.

La ornamentació exterior es sòbria, pròpia d'un modernisme tardà, i contrasta amb la riquesa de les decoracions pintades dels interiors, que encara es conserven. Les distribucions dels espais és bàsicament la mateixa a les dues plantes, composades per un passadís central amb habitacions i sales a banda i banda, amb paraments enguixats i pintats. També es conserven altres elements de caire modernista com els vitralls de colors a les finestres de la terrassa, les línies corbes que segueixen les parets interiors, a més d'alguns mobles, o els coronaments de les pilastres d'entrada, constituïts per trossos de rajola ceràmica.

Torre Gaju o Marbà

Es construeix poc després que la torre Riba i just al davant, per ordre del Sr. Gaju, que també havia emigrat a Amèrica per fer diners. L'estructura és molt semblant a les de la torre Riba, amb planta soterrani, baixa i pis que acaba en terrat, a més de la torre mirador (en aquest cas, coincidint amb la caixa d'escala) coronada per una teulada a quatre aigües acabada amb teules de ceràmica vidrada, i una distribució interior també amb corredor central amb les estances ambdues bandes. Els materials de construcció, la tipologia estructural i la distribució interior és la mateixa que en l'exemple anterior, a excepció de l'acabat de rajola a la coberta catalana en aquest cas.



Il·lustració 1.7: Torre Gaju o Torre Marbà (Font: fotografia pròpia)

En el cas de la torre Gaju, trobem una ornamentació exterior més vistosa però no d'alta qualitat. Les pilastres cantoneres estan ricament decorades, amb relleus de terracuita i amb una temàtica molt variada (motius vegetals, motius marins, bustos, medallons...). Les balustrades del terrat i dels balcons són d'estil neoclàssic, mentre que la teulada de la terrassa, alternant colors, es modernista. A l'interior no trobem la ornamentació que sí és palesa a l'exterior, únicament l'acabat arrodonit de les cantonades entre sostre i parets.

Així com la torre Riba o Ezpeleta conté elements més marcats del modernista, el cas de la torre Gaju o Marbà és més aviat una construcció d'estil eclèctic.

Torre Teixidor

Situat a la plaça de Figueres, es tracta d'un edifici també aïllat, construït al 1923, de planta soterrani (de dimensions menors que les demés), planta baixa, primera i torre mirador, també coronada per una teulada a quatre vessants i acabada amb teules de ceràmica vidrada. Com en els exemples anteriors, el primer pis és acabat amb una coberta plana a la catalana, transitable i ventilada. L'estructura vertical també és conformada per murs de càrrega de maó massís, amb volta catalana a la planta baixa i bigues metàl·liques i revoltó ceràmic a la planta baixa i pis, en aquest cas. La fusteria és la mateixa que a les torres Riba i Gaju, tot i que actualment la meitat han estat substituïdes; l'acabat exterior és també arrebossat i esgrafiàt, amb relleus de terracuita, però no tant carregada com a la torre Gaju o Marbà.

A la façana posterior hi tenim un pòrtic amb columnes d'ordre dòric, d'estil neoclàssic, mentre que trobem motius modernistes a la disposició de les teules (iguals que a la torre Gaju) i en el treball de ferro forjat del cristall que presenta. La decoració interior no és tan rica com a la torre Riba, però presenta més detalls que la torre Gaju, amb motllures a les cantonades i ornaments al centre. És també un exemple d'eclecticisme.



Il·lustració 1.8: Torre Teixidor (Font: fotografia pròpia)

Torre Bassas

Va ser construïda a mitjans dels anys 20 com a casa d'estiueig del Sr. Llopis i actualment és propietat de l'Ajuntament, utilitzat com a centre juvenil de caire lúdic i social. Aquí veiem una planta similar a la d'una creu grega, desenvolupat en planta soterrani, baixa, primera i torre mirador de planta quadrada. També conté parets de càrrega de maó massís, amb biguetes metàl·liques i revoltó ceràmic als sostres. Les fusteries són de fusta i persianes mallorquines, amb vidres acolorits. Els



Il·lustració 1.9: Torre Bassas (Font: fotografia pròpia)

coronaments son boles de ceràmica vidrada de color verd; també presenta jardineres amb decoració ceràmica de picadís. A la façana d'accés destaca la tribuna amb un balcó coronat per una pèrgola de fusta.

Essent un edifici construït en època noucentista, compta també amb diversos elements modernistes, com els esgrafiats de les obertures o la decoració de les jardineres. Els interiors han estat totalment reformats.

1.4.2 Les Torres d'en Massana. Fets històrics

Entre els anys 1920 i 1930, la família Massana, una família barcelonina d'empresaris de la construcció, va adquirir la Masia Torre de la Llebre i els terrenys pròxims, on hi van construir quatre magnífiques cases d'estiueig per als diferents membres de la família, i entremig d'elles una piscina, pistes de tennis i uns jardins de caràcter noucentista. L'estil arquitectònic que aquestes cases pretenen assolir és molt proper a algunes construccions alemanyes i franceses del període racionalista, basades en l'ús del formigó que aquí trobem únicament en els elements de recobriments.

Durant la guerra civil espanyola, es van col·lectivitzar i s'hi va establir una 'Colònia d'Assistència Infantil'. També s'hi van allotjar refugiats de la guerra, que en la seva majoria eren madrilenys. La solidaritat amb la colònia va ser important; les nenes de les Escoles Ribas de Rubí els hi teixien roba, incloent paneretes per als nadons. Un cop acabada la guerra, amb la derrota republicana, les Torres d'en Massana van ser la residència efímera d'alguns membres voluntaris de l'aviació alemanya, la *Legión Cóndor*. La família Massana recuperà les propietats i encara eren habitades durant els anys 60, que per herències passaren a diferents mans, fet que va provocar l'actual situació en què es troben.

A banda de la Masia, que funciona com a restaurant, trobem que cada una de les torres ha tingut un destí diferent: dues d'elles resten abandonades i en un mal estat de conservació, mentre que les altres dues han estat rehabilitades i tenen un funcionament actiu.

La primera de les torres que es troba entrant a l'Avinguda Massana des del Passeig de les Torres (noms que han adoptat aquests carrers per les pròpies Torres Massana) és la Torre Arís, nom del seu propietari, Antoni Arís Casanova. Abandonada, hi viuen uns ocupes des de fa uns anys, fet que incomoda a veïns i AMPA del col·legi per les activitats que aquests hi duen a terme i per la descurança del propi edifici i l'entorn, a més d'alguns incidents ocorreguts. També es troba abandonada i en estat de conservació lamentable la torre que trobem immediatament després, seguint per l'Avinguda Massana, coneguda aquesta com la Torre Massana (de Ramón Massana)



Il·lustració 1.10: Torre d'Antoni Arís (Font: fotografia pròpia)

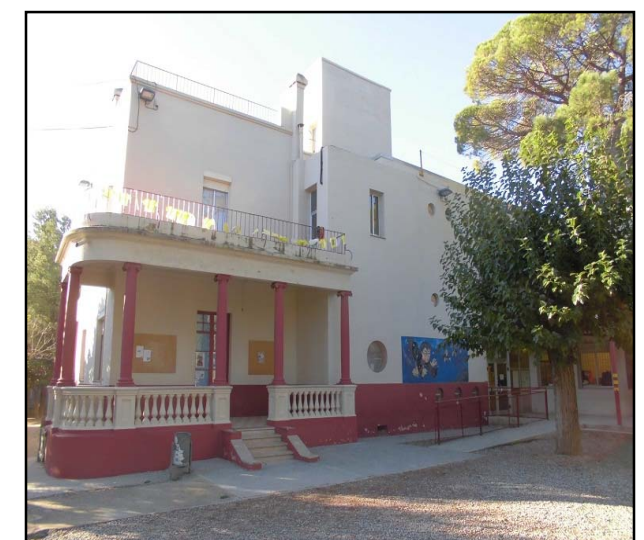


Il·lustració 1.11: Torre Massana (Font: fotografia pròpia)

Les altres dues es localitzen al final de la mateixa avinguda: son la Torre Salduba i el CEIP Torre de la Llebre. La Torre Salduba, va ser comprada i rehabilitada per l'Ajuntament per a que funcionés com a escola taller, precisament en la temàtica del present projecte, incloent sistemes d'estalvi energètic, energies renovables i rehabilitació de les instal·lacions per unes tecnologies d'alta eficiència, tot amb la finalitat de formar a gent jove en l'àmbit de l'eficiència energètica i energies renovables.



Il·lustració 1.12: Torre Salduba (Font: fotografia pròpia)



Il·lustració 1.13: CEIP Torre de la Llebre (Font: Fotografia pròpia)

Finalment trobem la torre del centre objecte del present projecte, el CEIP Torre de la Llebre, que neix com a escola a l'any 1976 fruit d'una cooperativa de pares i mares. El nom de l'escola s'adoptà del de la Masia, escollit pels alumnes del centre. Va formar part del Col·lectiu d'Escoles per l'Escola Pública Catalana (CEPEPC), organització formada per unes vuitanta escoles creades durant el franquisme com a cooperatives de pares o mestres, pioneres en la recuperació de l'ús del català a les escoles i en la recuperació de la tradició pedagògica anterior a la guerra civil i que, posteriorment, originaren els moviments de renovació pedagògica a Catalunya. La Torre de la Llebre passa a ser escola pública al 1985; aleshores ja s'havia construït l'ampliació de l'escola (1982).

Totes les torres Massana presenten materials de construcció i sistemes molt similars als de les altres torres de la ciutat que s'han comentat en l'apartat interior. En la fase d'aixecament de dades aprofundirem en cada una de les parts, però per a la prediagnosi, conèixer les edificacions de l'època de tipologia similar ajudarà a fer una avaluació inicial de les deficiències en l'aspecte energètic que ens podem trobar amb la torre de l'escola.

1.5 AVALUACIÓ INICIAL I COMPARACIÓ AMB ALTRES ESCOLES

El centre escolar que s'analitza està compostat per diferents construccions de diferents èpoques. Per l'any de construcció i pel que s'ha pogut esbrinar, les composicions dels tancaments exteriors de l'Edifici Principal no incorporen aïllament en el cap cas, i la majoria de les portes finestres son amb marc metàl·lic sense ruptura de pont tèrmic i vidre simple; aquest conjunt comportarà que tinguem unes transmissibilitats tèrmiques importants a les façanes, a més de la part acabada amb U-Glass, que si bé afectarà favorablement a la demanda lumínica, no serà favorable per la demanda tèrmica de l'edifici pel què fa a la calefacció. L'Edifici Annex, d'entrada es preveu més eficient, per any de construcció, ja que molt possiblement incorporarà aïllament als tancaments i les finestres també es suposen més eficients; tot i així s'analitzarà amb detall la composició d'aquests per veure el seu comportament tèrmic i comparar-lo amb l'edifici principal.

En referència a les instal·lacions, d'entrada es suposa que tindran un nivell d'eficiència alt o bo, ja que tota la instal·lació elèctrica i de calefacció va ser substituïda en la reforma del 2009 abans anomenada. En canvi, possiblement la gestió serà un dels punts més febles d'aquesta avaluació energètica i on s'incidirà més per obtenir un estalvi energètic important. En les primeres visites al centre ja es va poder veure diversos exemples de mal ús o mala gestió: lluminàries enceses on no són necessàries, finestres obertes amb la calefacció en funcionament, etc; però principalment la gestió en l'ús de la calefacció que, com veurem, provoca un consum desmesurat i ineficient.

La Diputació de Barcelona té a disposició dels usuaris en la seva pàgina web un document excel que funciona com un comparador de consums d'equipaments per avaluar la situació de l'edifici envers d'altres de similars característiques - es pot trobar a l'apartat on s'explica el PAES (Pacte d'Alcaldes i Alcaldesses) -. Seleccionant el tipus d'edifici, en el nostre cas una escola, es compara amb més de 300 escoles i ens indica si s'està per sobre o per sota de la mitjana i en quin percentatge, així com les possibilitats d'estalvi. Amb les dades obtingudes del projecte de l'Euronet 50/50 sobre els consums dels últims anys al CEIP Torre de la Llebre, s'han pogut introduir a aquesta aplicació juntament amb els metres quadrats de l'escola, i així poder comparar-ho amb la mitjana dels centres per KWh/m².

Per aquesta primera avaluació, utilitzem les dades del 2012. Tenim que a l'escola hi ha hagut un consum d'electricitat de 57.069 KWh; les dades que obtenim del consum de gas són en Nm³ (metres cúbics de gas normal), una mesura física del gas que correspon als metres cúbics de gas mesurats en condicions normals (0 °C, 1 atm), ja que el volum d'aquest depèn de la seva pressió i temperatura. Tenim que 1 Nm³ = 10,7056 KWh, per tant el consum de gas del 2012 va ser de 188.579,144 KWh.

L'aplicació ponderarà els ràtios de consum per graus dia 15/15, que es defineix com la suma de les diferències de temperatura entre un valor base i la temperatura mitjana diària, al llarg d'un temps determinat; a Espanya les dades es prenen en base 15/15. Aquest document excel calcularà segons els següents criteris:

- a) Si només hi ha consum elèctric es pondera el consum elèctric
- b) En cas que el consum per usos tèrmics tingui una altra font (gas natural, gasoil...) la ponderació amb els graus dia 15/15 es fa només sobre aquest consum.

Un cop introduïdes les dades, obtenim que el CEIP Torre de la Llebre té, a l'any 2012, un consum ponderat per graus dia de 32,3 KWh/m² pel què fa al consum elèctric, i de 99,8 KWh/m² per al consum tèrmic. El consum elèctric està un 32% per sobre de la mediana i el consum en calefacció i ACS puja fins a un 44% per sobre de la mediana de les escoles que funcionen amb gas natural. El conjunt (132,1 KWh/m²) és un 47% superior a la mediana, per tant hi ha un marge de millora molt important. El 77% del consum de KWh es provinent de l'ús tèrmic, tot i que s'hauria de restar la part corresponent a la cuina que també consumeix gas; per tant haurem d'incidir en la gestió de la calefacció ja que és la principal font de consum.

Gràcies al document excel *Cálculo automático de emisiones totales en relación a los consumos energéticos de sus instalaciones* que facilita el *Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón*, amb els consums d'electricitat, gas i aigua del 2012 es calcula que es van emetre 65.253,75 Kg de CO₂.

2. FASE 1: AIXECAMENT DE DADES

En aquesta fase es descriuran les dades que ajudaran a comprendre l'edifici, agrupant-les en dades estàtiques i dades dinàmiques. Totes les dades que es recullen en aquest apartat permetran enfocar la resta del procés d'avaluació i predir cap a on dirigirem les línies d'actuació. Així doncs, dins les dades estàtiques, primerament s'exposaran les característiques arquitectòniques i constructives de l'escola i també les instal·lacions i l'ús i ocupació dels espais. En el segon bloc, les dades dinàmiques, s'identificarà com es produeixen i es reparteixen els consums del centre, quina és la intensitat d'ús i gestió i si compleix amb unes condicions de confort acceptables.

A més a més, ens trobem que l'Ajuntament de Rubí ja té posat en marxa un projecte que aposta per l'estalvi, l'eficiència energètica i les energies renovables, anomenat *Rubí Brilla*. Entre les diferents línies d'actuació que es marquen, hi trobem una encarada a millorar, en termes d'eficiència energètica, les pròpies infraestructures i equipaments de l'Ajuntament, entre les quals es promou la participació de les escoles. En aquest sentit, diverses escoles del municipi, entre elles el CEIP Torre de la Llebre, s'adjunten al programa europeu *Euronet 50/50*.

2.1 DADES ESTÀTIQUES

2.1.1 Arquitectura

En aquest apartat, és important conèixer i tenir en compte l'evolució constructiva de l'edifici, estudiada anteriorment, per entendre'n les característiques que constitueixen l'estat actual.

Com ja s'ha comentat anteriorment, es diferencien dos edificis que funcionen de forma independent, que anomenem Edifici Principal, on hi trobem la majoria de les aules i despatxos del professorat, i Edifici Annex, en el qual bàsicament hi trobem el gimnàs, menjador i cuina, a més d'alguna aula extra.

EDIFICI PRINCIPAL

L'Edifici Principal de l'escola és conformat per la unió de dues edificacions diferents, construïdes en diferents èpoques. Aquí diferenciem la torre original, de l'any 1920, i l'ampliació feta per l'arquitecte Josep Milà al 1982, a partir de la qual l'edifici va esdevenir centre escolar públic.

La torre original està constituïda principalment per planta baixa i planta primera, amb una altura lliure entre sostres de 3,80 metres. A la façana nord, per on se situa l'accés principal, hi trobem un porxo amb columnes sobre una petita escala, que sostenen una terrassa al primer pis. Presenta una coberta plana a la catalana com a sostre de la planta primera, de la qual en sobresurt el badalot, que originàriament coronava l'escala i que en l'actualitat també l'ascensor. A la planta baixa trobem principalment la classe de P3, amb accés des de la façana nord i sud, a més d'un despatx i els lavabos; el mateix espai de classe a la planta primera és on té lloc l'aula d'anglès, i la resta d'espai es divideix en tres despatxos pensats per a fer-hi tutories. També disposa d'un petit soterrani, que es deuria utilitzar com a rebost originalment, i que avui dia és un espai destinat a tallers escolars.

El conjunt de la torre té un estil arquitectònic noucentista, tant pels elements que el componen (per exemple, el porxo principal) com per l'entorn enjardinat del conjunt residencial de les torres Massana, si bé també trobem cert caràcter racionalista per la ortogonalitat de les plantes i les formes simples dels interiors, així com l'ús limitat del formigó. En la mateixa línia que les construccions a Rubí a l'època, estudiades anteriorment, no mostra un estil clar i marcat sinó una mescla de diferents estils.

L'ampliació de 1982 és un edifici força més gran. Està format per planta baixa, planta primera i planta segona, amb la mateixa alçada lliure de 3 metres a cada planta. Com s'ha indicat a l'apartat en el que s'explicava l'evolució constructiva de l'edifici, originàriament els edificis s'unien oportunament per la zona de les escales d'un i altra edifici, fet que no comprometia l'estructura de l'edifici existent, podent passar d'un a l'altre a través d'una obertura al mur que coincidía ambdós replans. Actualment tenim un edifici més homogeni, després d'afegir a l'antiga torre un ascensor, ja que els passadís de la planta primera de l'edifici construït al 1982 s'allarga mitjançant una rampa que connecten amb la planta primera de torre, i una altra rampa al passadís de planta segona que dona accés a la terrassa de torre antiga.

Les superfícies útils de l'Edifici Principal són les següents:

- Planta baixa: 491,68 m²
- Planta primera: 439,06 m²
- Planta segona: 224,14 m² + 206,21 m² de terrassa.
- SUPERFÍCIE TOTAL: 1154,88 m²

Pel què fa a les façanes de l'edifici, totes elles excepte la façana oest donen al pati de l'escola. L'entrada principal a l'edifici és per la façana nord; en la part nova de l'edifici principal, el tancament de tot el mur en l'alçada d'aquesta façana, des de la porta d'entrada i fins a la jàssera perimetral del sostre de planta segona, es fet amb U-Glass, així com a la planta segona al llarg de tot el passadís, fet que dona una gran lluminositat a l'interior de les zones de pas l'edifici. Tot i ser la façana nord, en

general no té un criteri diferent en les obertures per a les finestres, que son de la mateixa mida i distància entre elles que a la façana sud, si bé aquí no hi tenim tantes aules. Sí podem veure un criteri més diferenciat entre obertures a les diferents façanes a part antiga de l'edifici, que en la façana nord són menys i, en general, més petites.

A la façana oest també hi trobem U-Glass en gran part del tancament, en aquest cas en tota l'alçada de planta baixa i primera a la caixa d'escaleres, dotant de llum natural a l'escala i passadissos. La resta de la façana, a banda i banda de l'U-Glass on hi han aules, no té cap obertura, essent la façana que menys obertures presenta de totes.

La façana sud és la que té un percentatge d'obertures més elevat, en especial a la 'part nova' de l'edifici. En les tres plantes d'aquesta façana hi trobem únicament aules, que corresponen a l'aula principal de cada curs escolar. A la part corresponent a la torre, també hi ha una entrada a l'aula de P3 amb grans finestrals a cada costat de la porta, a la qual si accedeix a través d'una petita escala, i a la planta primera només hi trobem dues finestres més. A la façana est només hi trobem quatre finestres, dues per planta, seguint amb la tendència del conjunt de la torre que té un percentatge d'obertures més aviat baix, exceptuant la planta baixa de la façana sud.

Les finestres de tot l'edifici a la part nova són amb vidre simple i marc metàl·lic, sense ruptura del pont tèrmic. A la part de la torre, encara es conserven algunes fusteries originals, en concret a la porta d'entrada nord i al conjunt de porta i finestrals de façana sud; les demés han estat substituïdes per altres també de fusta, pintades. Originàriament, les finestres disposaven de mallorquines, com podem veure en alguna de les demés torres Massana, de les quals no se'n conserva cap. En canvi hi trobem persianes i cortines blanques a l'interior, que deixen passar la llum.

Les cobertes, tant de la part antiga com la part 'nova' de l'edifici, son millorades o substituïdes en la reforma abans mencionada. A la part antiga, per solucionar problemes de filtracions que es produïen, es va col·locar una nova làmina d'impermeabilització sobre la coberta plana a la catalana existent, previ sanejament de la mateixa, i un nou acabat igual que l'original. A la part nova també hi ha una coberta plana a la catalana, com a sostre de la planta primera a la façana nord, coincidint amb les aules i despatxos d'aquesta part, i s'hi pot accedir des del passadís de la planta segona. La coberta de la planta segona és inclinada i metàl·lica, de tipus 'sandvitx', substituint l'anterior que era a base de plaques de fibrociment i que per l'època de construcció es considerava la presència de amiant. Cal dir que previ a aquesta actuació, la coberta disposava de plaques solars que, tot i que en aquest projecte de reforma es considerava la posterior col·locació un cop realitzada la nova coberta, mai es van instal·lar de nou i van ser destinades a un altre edifici de l'ajuntament.

EDIFICI ANNEX

És constituït per dues plantes. A la planta baixa hi trobem la zona de menjador, cuina/rebost, dues aules i despatxos de tutoria i reunió. La superior és destinada al gimnàs i els vestuaris. Hi ha rampes d'accés exteriors per als dos nivells, però cap escala ni pas interior entre les plantes. La superfície total d'aquest edifici és de 614,14 m².

L'entrada a les plantes és per la façana sud de l'edifici. Aproximadament uns 2 metres de la façana est de la planta baixa es troben soterrats, i el major percentatge d'obertures a façana també el trobem en aquesta façana. La façana oest és la que menys obertures té, seguida de la façana nord. Els graus de desviació de l'edifici respecte el Nord son els mateixos que a l'Edifici Principal, per tant les façanes tenen una orientació idèntica ambdós edificis.

2.1.2 Construcció

En aquest apartat es definirà la composició dels tancaments exteriors i interiors, horitzontals i verticals, dels dos edificis de l'escola. Per a tal finalitat es descriuran els materials que els componen i s'obindrà la transmitància tèrmica dels paraments a través del programa LIDER, en el qual disposant les capes de material en l'ordre establert i amb els gruixos corresponents, calcula la transmitància del conjunt.

Com veurem més endavant, el programa LIDER calcula comparant l'edifici dibuixat amb un 'edifici de referència', que s'obté a partir de l'edifici objecte amb la mateixa forma, mida, zonificació interior i el mateix ús de cada espai, però complint amb els valors màxims de transmitància i factor solar de l'envoltant tèrmica per complir amb el CTE. Aquests paràmetres límit són els que s'exposen a la taula 2.1 per una zona climàtica C2, ja que és la que estableix aquest document bàsic per la província de Barcelona a una alçada h < 250 m (Rubí = 124 metres).

D.2.10 ZONA CLIMÁTICA C2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

Transmitancia límite de suelos

Transmitancia límite de cubiertas

Factor solar modificado límite de lucernarios

U_{lim}: 0,73 W/m² K

U_{slim}: 0,50 W/m² K

U_{clim}: 0,41 W/m² K

F_{lim}: 0,32

% de huecos	Transmitancia límite de huecos U _{Hlim} W/m²K				Factor solar modificado límite de huecos F _{Hlim}					
	NNE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4	3,9	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9	3,3	4,3	4,3	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	2,6	3,0	3,9	3,9	-	-	-	0,47	-	0,51
de 41 a 50	2,4	2,8	3,6	3,6	0,59	-	-	0,40	0,58	0,43
de 51 a 60	2,2	2,7	3,5	3,5	0,51	-	0,55	0,35	0,52	0,38

Taula 2.1: Valors límit de transmitància tèrmica (Font: Apèndice D, D.2.10, DB – HE1)

EDIFICI PRINCIPAL

Com ja hem exposat a l'apartat anterior, hi ha dos edificacions diferenciades i construïdes en diferents èpoques, que tot i funcionar de forma conjunta estan constituïdes per tancaments de façana diferents, així com també tenen diferents tipologies de sostres. Tanmateix, cal mencionar les diferents característiques estructurals de cada part, que afecten a la transmitància del conjunt: a la part antiga, els murs exteriors són portants, mentre que l'estructura de la part 'nova' és amb pilars de formigó, alguns dels quals els trobarem a la façana i que constituïran un pont tèrmic en el punt on es troben, així com també es traduiran en pont tèrmic la trobada del cantell dels sostres amb la façana en ambdós parts de l'edifici, la 'nova' i l'antiga.

PART ANTIGA (ANTIGA TORRE)

Per esbrinar la composició dels tancaments de la part antiga de l'escola, s'ha consultat la fitxa corresponent del Catàleg del Pla Especial de Protecció del Patrimoni Arquitectònic, Arqueològic i Natural de Rubí, que en dona dades tècniques, a més d'inspeccionar la Torre Massana, l'edificació veïna que està abandonada i que forma part del conjunt residencial de les torres Massana, per comprovar-ne els materials.

Tancaments verticals

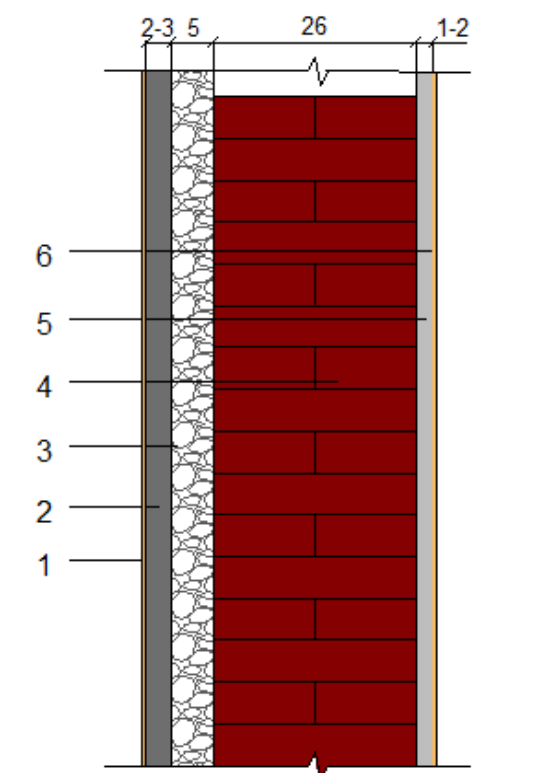
El mur exterior (veure detall 2.1) està realitzat amb fàbrica d'un peu de maó manual massís, aplacat per l'exterior amb pedra artificial. Per l'any de construcció i pel gruix que es pot veure de les parets s'entén que no existeix càmera d'aire ni cap tipus d'aïllament. L'acabat interior i exterior es el mateix que a l'edifici de 1982, enguixat i pintat a l'interior i arrebossat de morter i pintat a l'exterior. Hi ha uns pilars exteriors que suporten el voladís de la terrassa, però aquests queden fora del tancament de l'edifici i no signifiquen cap valor de consideració en el comportament i transmitància de la pell de la torre. També podem observar una balustrada amb elements de formigó a la terrassa del primer pis.

Si bé no s'ha pogut esbrinar amb precisió la composició de les divisòries interiors d'aquesta part de l'edifici, pel gruix i per la seva funció es suposen els materials que s'especifiquen a la detall 2.2 i un comportament tèrmic similar.

MATERIALS

1. Pintura plàstica
2. Arrebossat de morter de ciment $1800 < d < 2000$
3. Aplacat de pedra artificial
4. 1 peu de maó massís català, agafat amb morter.
5. Arrebossat de guix $1000 < d < 1300$
6. Pintura plàstica

TRANSMITÀNCIA DEL CONJUNT: **2,25 W/m²K**



Cotes en centímetres

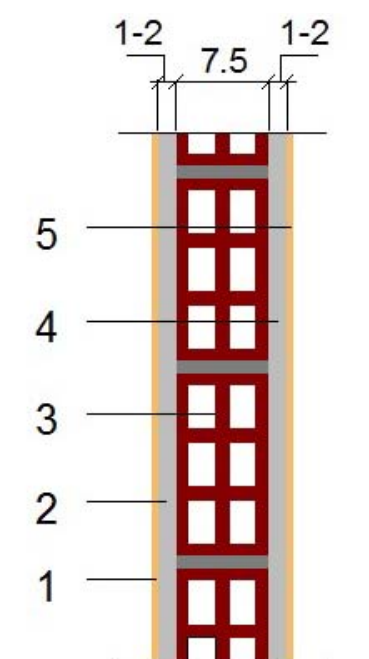
Detall 2.1: Mur exterior Edifici Principal, part antiga
(Font:Elaboració pròpia)

MATERIALS

1. Pintura plàstica
2. Arrebossat de morter de ciment $1800 < d < 2000$
3. Paredó de maó buit doble, agafat amb morter de ciment
4. Arrebossat de morter de ciment $1800 < d < 2000$
5. Pintura plàstica

TRANSMITÀNCIA DEL CONJUNT: **2,38 W/m²K**

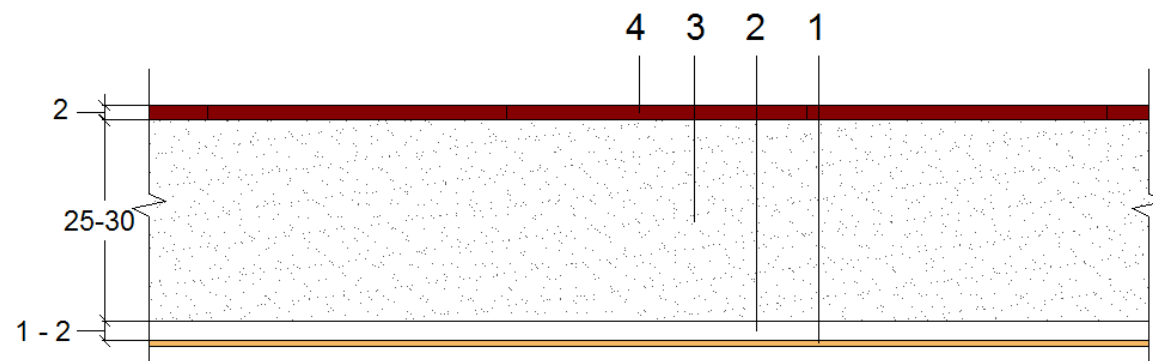
Detall 2.2: Envà Edifici Principal, part antiga (Font: Elaboració pròpia)



Cotes en centímetres

Sostres

L'estructura original dels sostres de l'antiga torre es la tradicional de les construccions d'aleshores, amb bigues de fusta i volta a la catalana, tot i que aquesta s'ha modificat degut a l'ús actual.



Cotes en centímetres

MATERIALS

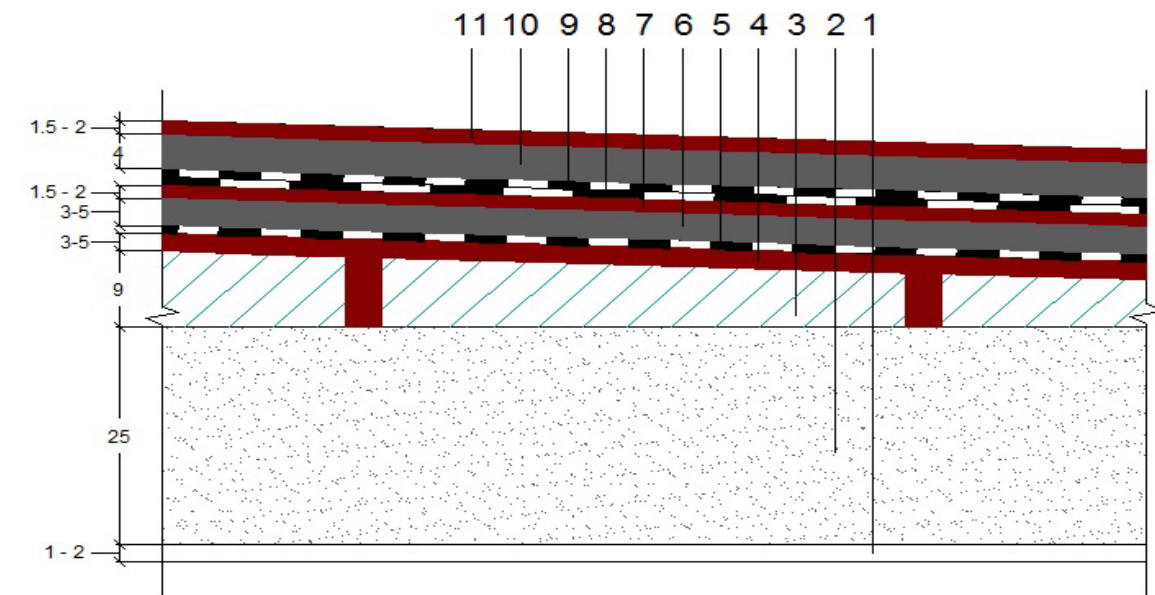
1. Pintura plàstica
2. Arrebossat de guix 1000 < d < 1300
3. Sostre unidireccional de bigues de fusta amb volta a la catalana
4. Acabat de rajola ceràmica

TRANSMITÀNCIA DEL CONJUNT: **2,16 W/m²K**

Detall 2.3: Sostre entre plantes de l'Edifici Principal, part antiga (Font: Elaboració pròpia)

Cobertes

Com ja s'ha comentat anteriorment, la coberta de l'antiga torre es una coberta plana transitable a la catalana a la qual s'hi actua en la reforma del 2009 abans mencionada. Aquesta actuació va consistir en conservar l'acabat de rajola simple existent, però afegint-hi a sobre una làmina d'impermeabilització formada per membrana bituminosa, una capa de protecció de morter de 4 cm, i un nou paviment format per rajola ceràmica fina del mateix estil que l'original (tot previ a la neteja i sanejament de la coberta existent). També es canvien els baixants, pels quals hi havia pèrdues a les juntes. Amb aquesta actuació es pretenen solucionar els problemes d'humitats i filtracions que patia aquesta part de l'edifici.



Cotes en centímetres

MATERIALS

1. Arrebossat de guix 1000 < d < 1300
2. Sostre unidireccional amb biguetes de fusta i entrebigat ceràmic.
3. Cambra d'aire lleugerament ventilada
4. Tauler ceràmic buit encadellat
5. Làmina d'impermeabilització existent.
6. Morter de ciment 1250 < d < 1450, formació de pendents
7. Acabat antic de rajola ceràmica simple
8. Capa separadora geotèxtil de 200 mg/m²
9. Làmina d'impermeabilització formada per membrana bituminosa
10. Capa de protecció de morter de ciment M5 1250 < d < 1450.
11. Acabat nou de rajola ceràmica simple

TRANSMITÀNCIA DEL CONJUNT: **1,29 W/m²K**

Detall 2.4: Coberta plana transitable a la catalana, reparada en la reforma del 2009 (Font: Elaboració pròpia)

Com a coronament del badalot, trobem també una coberta plana a la catalana que no ha tingut cap intervenció. El detall d'aquesta coberta, així com el de les terrasses del sostre de planta baixa on també hi trobem aquest tipus de coberta, és el mateix que l'anterior fins al punt 7, amb l'acabat de rajola ceràmica simple.



Il·lustració 2.1: Estat de la coberta abans de la reforma (Font: fotografia extreta del projecte de reforma del 2009)



Il·lustració 2.2: Estat actual de la coberta (Font: fotografia pròpia)

PART 'NOVA' (AMPLIACIÓ DE L'ANY 1982)

La informació sobre els detalls que es mostren en aquest punt s'ha obtingut de forma oral per Enric Xercavins, enginyer industrial dedicat al càlcul d'estructures i que va ser qui va projectar l'estructura d'aquest edifici, així com del projecte per incorporar l'ascensor i millorar l'accessibilitat entre les dues parts de l'edifici.

Tancaments verticals

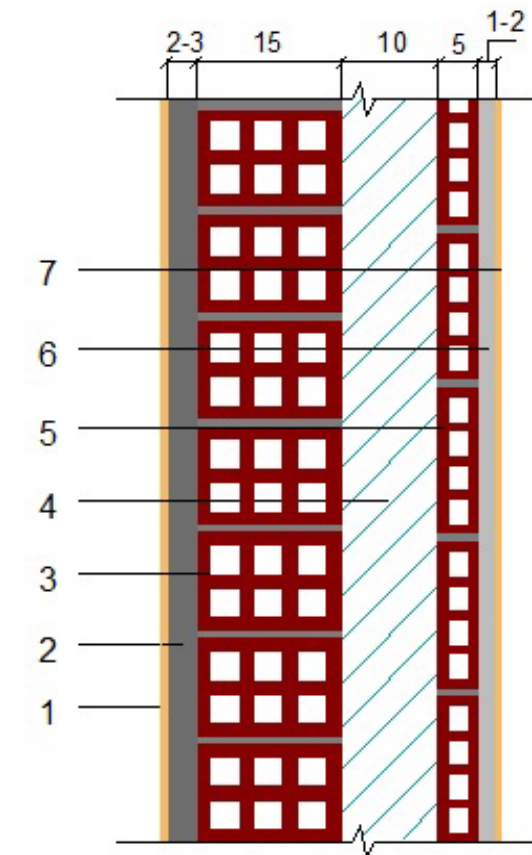
Pel què fa als tancaments exteriors (veure detall 2.5), tenim a la part 'nova' un mur a base de maó català buit doble col·locat pla, una càmera d'aire de 10 cm i un envà de 5 cm, manera usual de construir tancaments exteriors no portants aleshores. Per la cara interior està enguixat, i per l'exterior és acabat amb un arrebossat de morter de ciment i pintat. No existeix cap tipus d'aïllament tèrmic entre les capes del mur. Als tancaments també hi trobem els pilars que suporten l'estructura, i que suposen un pont tèrmic en tota la seva alçada, així com els cantells dels sostres.

MATERIALS

1. Pintura plàstica
2. Arrebossat de morter de ciment $1800 < d < 2000$
3. Maó català buit doble, agafat amb morter de ciment.
4. Cambra d'aire sense ventilar
5. Envà de maó buit simple, agafat amb morter de ciment
6. Arrebossat de guix $1000 < d < 1300$
7. Pintura plàstica

TRANSMITÀNCIA DEL CONJUNT: **1,36 W/m²K**

Detall 2.5: Mur exterior Edifici Principal, part nova (Font: Elaboració pròpia)



A la pell de l'edifici també trobem l'U-Glass, mencionat anteriorment. La col·locació d'aquest U-Glass és amb càmera, la qual cosa suposa una transmitància de **3 W/m²K**

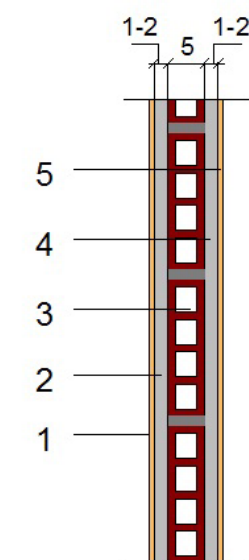
Les divisòries interiors estan formades per un envà de maó buit senzill de 5 cm d'espessor, enguixat i pintat a banda i banda.

MATERIALS

1. Pintura plàstica
2. Arrebossat de morter de ciment $1800 < d < 2000$
3. Envà de maó buit simple, agafat amb morter de ciment
4. Arrebossat de morter de ciment $1800 < d < 2000$
5. Pintura plàstica

TRANSMITÀNCIA DEL CONJUNT: **2,86 W/m²K**

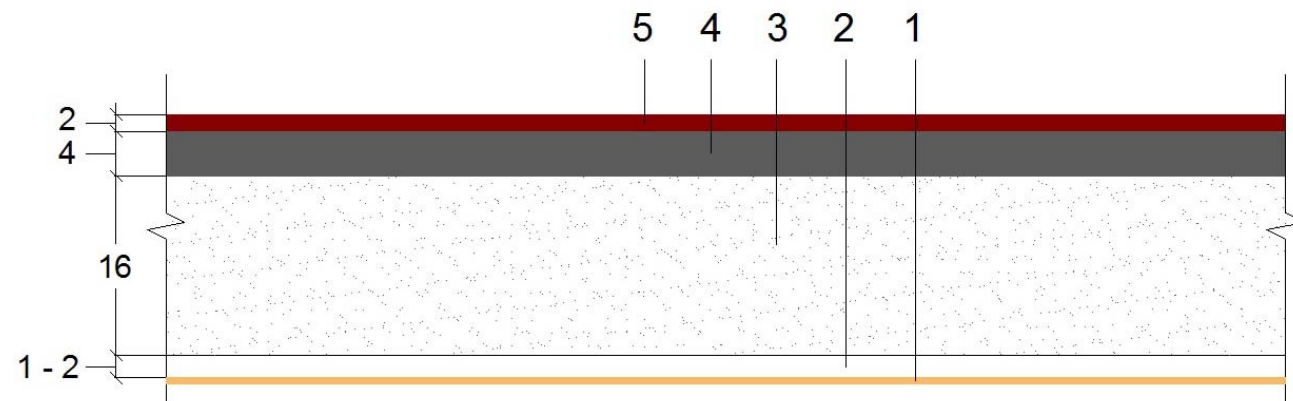
Detall 2.6: Envà Edifici Principal, part nova (Font: Elaboració pròpia)



Cotes en centímetres

Sostres

L'estructura és conformada a base de pilars de formigó i jàsseres de 30 cm de base per 50 cm de cantell, amb sostres unidireccionals a base de semibiguetes de formigó i revoltó de morter de ciment, de 16 cm de cantell i 4 cm de capa de compressió. L'acabat és realitzat amb rajola de granit. La planta baixa s'eleva del sòl formant un sostre sanitari, evitant així el contacte amb el terreny.



Cotes en centímetres

MATERIALS

1. Pintura plàstica
2. Arrebossat de guix $1000 < d < 1300$
3. Sostre unidireccional de 16 cm amb semibiguetes de formigó armat i revoltó de morter de ciment.
4. Capa de compressió de 4 cm
5. Acabat de rajola de granit

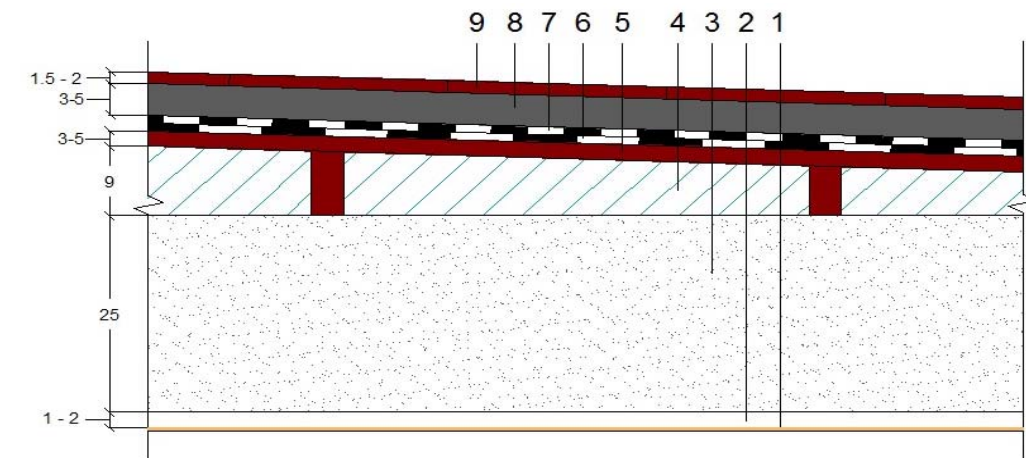
TRANSMITÀNCIA DEL CONJUNT: **2,76 W/m²K**

Detall 2.7: Sostre entre plantes de l'Edifici Principal, part nova (Font: Elaboració pròpia)

Cobertes

Hi trobem una coberta plana transitable a la catalana a la part nord de l'edifici, com a sostre de la sala de professors i l'aula d'informàtica, i s'hi pot accedir des del passadís de la planta segona. La planta

segona és coronada amb una coberta metàl·lica tipus 'sandvitx', amb xapes grecades d'acer galvanitzat tipus EUROCOVER 34 amb una manta de fibra de vidre entremig, del tipus IBR de 80 mm (veure detall 2.8), conjunt que fa complir amb la transmitància que marca el CTE DB-HE 3, essent així l'únic tancament d'aquest edifici que compleix amb els límits de transmitància tèrmica de la normativa actual, la qual prenem com a guia.



Cotes en centímetres

MATERIALS

1. Pintura plàstica
2. Arrebossat de guix $1000 < d < 1300$
3. Cambra d'aire lleugerament ventilada
4. Tauler ceràmic buit encadellat
5. Capa separadora geotèxtil de 200 mg/m^2
6. Làmina d'impermeabilització formada per membrana bituminosa
7. Capa de protecció de morter de ciment M5 $1250 < d < 1450$.
8. Acabat de rajola ceràmica simple

TRANSMITÀNCIA DEL CONJUNT: **1,45 W/m²K**

Detall 2.8: Coberta plana transitable a la catalana, part nova (Font: Elaboració pròpia)



Il·lustració 2.3: Terrassa planta segona de l'Edifici Principal, part nova (Font: fotografia pròpia)



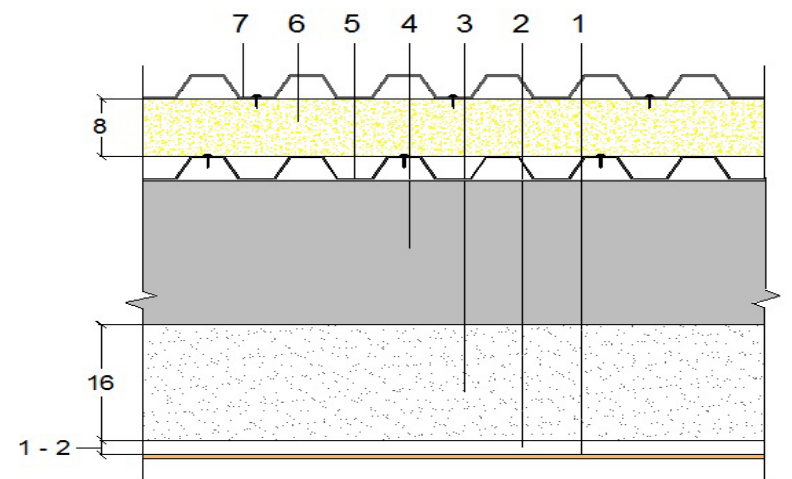
II·lustració 2.4: Estat de la coberta abans de la reforma (Font: fotografia extreta del projecte de reforma del 2009)



II·lustració 2.5: Estat de la coberta actual (Font: fotografia pròpia)

MATERIALS

1. Pintura plàstica
2. Arrebossat de guix $1000 < d < 1300$
3. Sostre unidireccional de 16 cm amb semibiguetes de formigó armat i revoltó de morter de ciment.
4. Corretges metàl·liques formades per perfils Z d'acer galvanitzat de 22,5 cm per al suport de la coberta sàndvitx, separacions d'intereix 1,5 metres.
5. Xapa grecada d'acer galvanitzat de 0,5 mm.
6. Manta de fibra de vidre IBR de 80 mm
7. Xapa grecada d'acer galvanitzat de 0,6 mm.



Cotes en centímetres

TRANSMITÀNCIA DEL CONJUNT: **0,41 W/m²K**

Detall 2.9: Coberta inclinada tipus 'sandvitx', part nova (Font: Elaboració pròpia)

EDIFICI ANNEX

Si bé en aquest edifici, tot i ser el més nou, la composició dels murs no s'ha pogut obtenir amb precisió, els detalls que es mostren a continuació s'ajusten força a la realitat ja que coneixem els materials principals i els gruixos es poden deduir.

L'estructura de l'edifici és amb pilars de formigó armat des dels fonaments fins al sostre de planta baixa, i a la zona dels vestidors de planta primera s'eleva fins al sostre dels mateixos. Els pilars de l'espai entre el sostre dels vestidors fins a la coberta, així com els demés pilars en tota l'alçada de planta primera, són els que sustenten la coberta i aquests són metàl·lics, amb perfils d'acer HEB 180 coincidents tots amb el tancament de façana; també hi ha perfils tubulars 175.8 al exterior de la façana principal, que aguanten el vol de la coberta, però que al ésser exteriors no suposen cap pont tèrmic.

Tancaments verticals

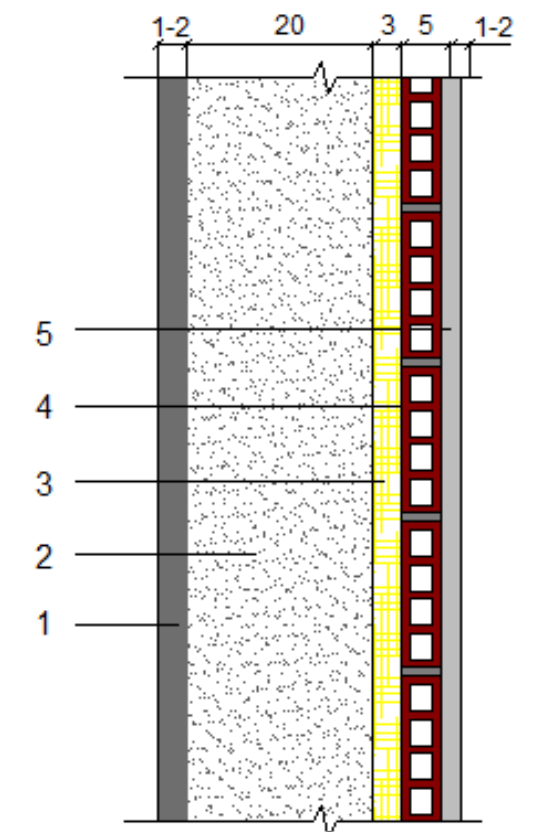
El mur del tancament exterior està format per un mur de formigó 20 centímetres, a l'exterior acabat arrebossat a la planta primera i acabat amb xapa metàl·lica de zinc a la planta baixa. Hi ha una capa de aïllament amb poliuretà projectat, d'uns 3 centímetres d'espessor, una envà senzill de 5 cm i l'acabat interior varia segons la zona: enguixat i pintat a totes les zones excepte als vestidors i cuina, on hi ha un enrajolat ceràmic.

MATERIALS

1. Arrebossat de morter de ciment $1800 < d < 2000$ o xapa de zinc.
2. Mur de formigó convencional, d 2000
3. Poliuretà projectat amb HFC.
4. Envà de maó buit simple, agafat amb morter de ciment
5. Acabat amb arrebossat de guix $1000 < d < 1300$ i pintat, o bé acabat amb rajola ceràmica.
- 6.

TRANSMITÀNCIA DEL CONJUNT: **0,64 - 0,66 W/m²K**

Detall 2.10: Mur exterior Edifici Annex (Font:Elaboració pròpia)

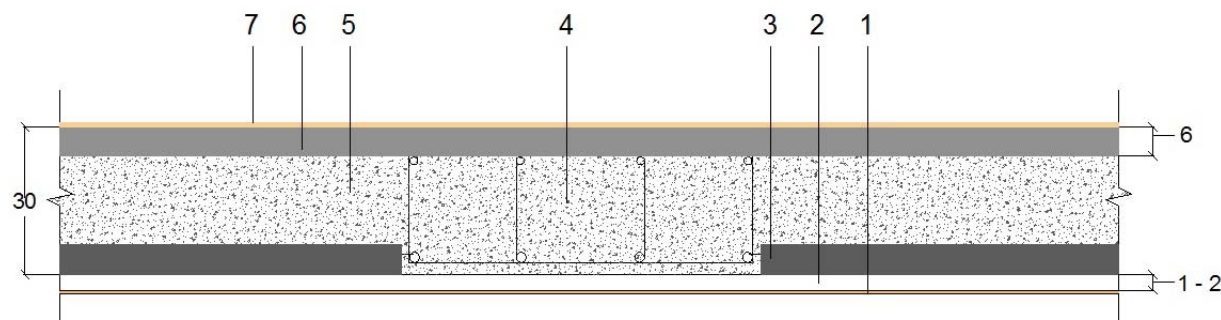


Cotes en centímetres

Els envans interiors tenen la mateixa composició que els envans de la part nova de l'Edifici Principal, exposats anteriorment al detall XX.

Sostres

Els sostres estan realitzats amb lloses de formigó i jàsseres planes, amb una alçada de 30 cm (24 + 6) i un intereix de 2,5 metres. De la mateixa manera que a l'Edifici Principal, la planta baixa s'eleva del sòl formant un sostre sanitari, evitant el contacte amb el terreny.



Cotes en centímetres

MATERIALS

1. Pintura plàstica
2. Arrebossat de guix 1000 < d < 1300
3. Pre-llosa de formigó armat, 5 – 6 cm d'espessor.
4. Jàssera plana de formigó armat
5. Llosa de formigó armat
6. Capa de compressió
7. Acabat de rajola de granit

TRANSMITÀNCIA DEL CONJUNT: **2,44 W/m²K**

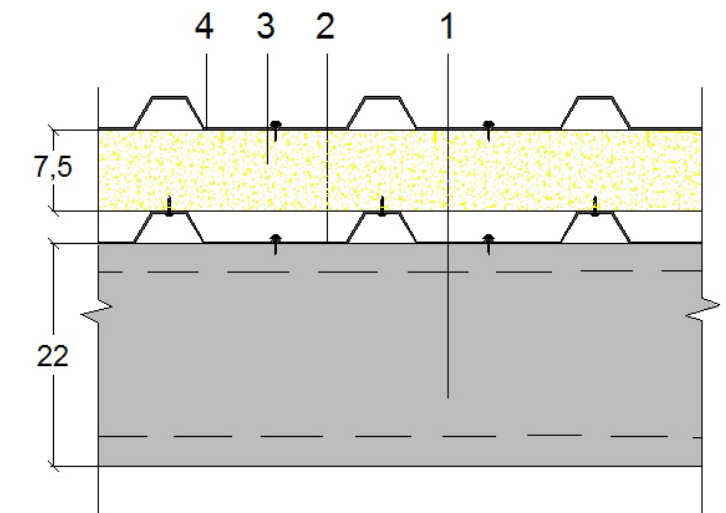
Detall 2.11: Sostre entre plantes de l'Edifici Annex (Font: Elaboració pròpia)

Coberta

La coberta de l'Edifici Annex és una coberta metàl·lica tipus 'sandvitx', similar a la que tenim com a coronament de la planta segona de l'Edifici Principal. Està suportada pels pilars metàl·lics HEB 180 que neixen a la planta primera i unes bigues també metàl·liques, de perfils IPN 220 i 500.

MATERIALS

1. Perfil d'acer IPN 220
2. Xapa grecada d'acer galvanitzat
3. Aïllament tèrmic amb manta de fibra de vidre.
4. Xapa grecada d'acer galvanitzat.



Cotes en centímetres

TRANSMITÀNCIA DEL CONJUNT: **0,49 W/m²K**

Detall 2.12: Coberta inclinada tipus 'sandvitx', Edifici Annex (Font: Elaboració pròpia)

2.1.3 Instal·lacions

A continuació es detalla l'explicació dels diferents sistemes d'instal·lacions que hi ha a l'escola. La informació d'aquest apartat s'ha pogut aconseguir a través de diverses maneres:

- A través del projecte *Reforma y Adecuación de las instalaciones del CEIP Torre de la Llebre*, realitzat per Miguel Àngel Gallardo Merino a l'any 2009 i promogut per l'Ajuntament de Rubí.
- La il·luminació de tots els espais de l'escola s'ha comprovat visualment per verificar que els plànols d'instal·lacions obtinguts eren correctes, i per identificar el tipus de làmpada instal·lada. De l'edifici Annex, no s'han pogut obtenir aquests plànols, així que el recull de dades ha estat íntegrament de forma visual.

- Les característiques tècniques de les calderes s'han obtingut observant les plaques de la caldera i amb l'ajuda de Jordi Nuñez i Juan Manuel Sánchez, de l'Ajuntament de Rubí, qui també ha aportat informació de la bomba de calor instal·lada al gimnàs.
- Altres indicacions i dades al respecte han estat aportades per Josep Milà, arquitecte de l'Ajuntament de Rubí i projectista de l'escola CEIP Torre de la Llebre.

La majoria dels elements de les instal·lacions de tota l'escola van ser substituïdes y/o millorades en la reforma que es va dur a terme a l'any 2009, que s'ha mencionat en l'apartat de evolució constructiva del centre. Per tant, veurem com l'escola gaudeix de uns sistemes nous i que tenen un funcionament que, a priori, serà idoni.

Enllumenat

A la reforma del 2009 es va procedir a la total substitució de la instal·lació elèctrica des del quadre general de protecció fins a les terminals d'ús, canviant tot el cablejat i legalitzant la instal·lació segons la normativa vigent.

El sistema d'il·luminació de l'escola és, a l'Edifici Principal, a base de tubs fluorescents de 18, 36 i 58W. Majoritàriament, el tipus de làmpada utilitzada en tots els espais de l'Edifici Principal és una tipus PHILIPS MASTER TL-D TCW216 2x36W convencional, que conté dos tubs fluorescents de 36W. En alguns punts (lavabos o passadissos) hi trobem un equip de les mateixes característiques però amb només un fluorescent de 18, 36 o 58W.

En canvi, a l'Edifici Annex, si bé també trobem aquest tipus de làmpada en potències de 18 i 36W en alguns punts, predomina una de més eficient tipus PHILIPS MASTER TL-D Eco, de 51W. Al gimnàs, la il·luminació no és a base de fluorescents sinó a través de bombetes de mercuri d'alta pressió, tipus PHILIPS HPL-N; si bé no hem esbrinat la potència de cada làmpada, s'ha pogut deduir per la potència instal·lada que s'indica als esquemes unifilars en l'enllumenat del gimnàs i el catàleg de productes de PHILIPS. Hi ha tres circuits d'enllumenat, un per filera, amb tres lluminàries a cada filera de 0,8 KW per cada circuit; per tant, si hi ha 9 bombetes, cada una és de uns 250W de potència.



Il·lustració 2.6: PHILIPS MASTER TL-D Eco, de 51W, aula de plàstica (Font: fotografia pròpia)

Als annexos corresponents, on s'adjunten els outputs del programa DIALUX, es poden veure les característiques tècniques de les lluminàries que trobem al centre.

Calefacció

A la reforma mencionada es du a terme el canvi de gairebé tota la instal·lació de calefacció, incorporant radiadors en zones que no estaven climatitzades i incorporant sistemes de regulació i control. Es substitueixen els radiadors i canalitzacions de ferro que hi havia fins aleshores, que a més tenien problemes de corrosió degut a l'alt contingut de calç de l'aigua de subministrament de Rubí. A l'Edifici Annex, s'inhabilita la instal·lació de sòl radiant que hi havia instal·lada al gimnàs i que no havia funcionat mai correctament, degut a deficiències en l'execució; a la planta baixa, es substitueixen els fan-coils que hi havia instal·lats per radiadors d'alumini de les mateixes característiques que els de l'Edifici Principal.

Així doncs, actualment tenim un sistema de calefacció per aigua calenta amb radiadors d'alumini tipus ALIS de BAXIROCA, amb frontal pla, amb les canalitzacions de coure. La caldera que proporciona la calefacció funciona amb gas natural i és una caldera de baixa temperatura marca BAXIROCA de 150 KW de potència nominal, de la qual surten quatre circuits (tres per l'Edifici Principal i un per l'Edifici Annex). Els tres circuits de l'Edifici Principal (un per planta) tenen un termòstat al passadís de cada planta, que regulen la temperatura de tota la planta. A l'Edifici Annex, en el qual el circuit de calefacció per radiadors només el trobem a planta baixa (substituint els anteriors fan-coils), no es va instal·lar cap termòstat. Totes les canalitzacions són vistes a l'interior dels edificis.

A la planta primera, per substituir el sòl radiant, s'hi va instal·lar una bomba de calor, amb dos mòduls que impulsen l'aire per conductes a la zona del gimnàs, amb una capacitat total de 70600 Kcal/h (uns 82 KW de potència). El sistema només proporciona calor, ja que l'aire impulsat és escalfat per l'aigua dels acumuladors de 1000 L cada un que hi ha instal·lats, l'aigua dels quals és escalfada per la caldera



Il·lustració 2.7: Caldera de baixa temperatura per a calefacció (Font: fotografia pròpia)



Il·lustració 2.8: Termòstat de planta baixa, Edifici Principal (Font: fotografia pròpia)

convencional que es usada per l'ACS de l'escola, amb capacitat calorífica de 55000 kcal/h (64 KW de potència nominal).

Durant l'elaboració d'aquest projecte, a la zona de vestidors els quals no estaven acondicionats, s'han instal·lat dos radiadors elèctrics de 'calor blava', un a cada vestidor



Il·lustració 2.9: Radiadors d'alumini de la instal·lació (Font: fotografia pròpia)



Il·lustració 2.10: Caldera convencional per a ACS (Font: fotografia pròpia)



Il·lustració 2.11: Bomba de calor a la zona del gimnàs (Font: fotografia pròpia)

Aigua

Les aixetes i inodors de l'Edifici Principal no s'han canviat, són els mateixos que al moment d'inaugurar el centre a l'any 1982. Les aixetes són tipus PRESTO, disposen de temporitzador i funcionen correctament, però essent els inodors de única descàrrega comporten un consum d'aigua important.

A l'Edifici Principal només hi ha consum d'aigua als lavabos i en cap d'ells hi ha aigua calenta, excepte a l'aula de P3 on hi ha instal·lat un acumulador elèctric de 50 L. El consum d'ACS és a l'Edifici Annex, on hi trobem els vestidors del gimnàs. La caldera que proporciona l'aigua calenta sanitària és la caldera convencional mencionada anteriorment, i també hi ha dos acumuladors de 1000 L cada un. En la reforma del 2009, veient la problemàtica que hi havia amb la calç de l'aigua de la xarxa de

subministrament i que afectava tant als tubs de la instal·lació de calefacció com als de l'aigua, es va instal·lar un descalcificador.



Il·lustració 2.12: Acumuladors de 1000 L (Font: fotografia pròpia)



Il·lustració 2.13: Descalcificador (Font: fotografia pròpia)

2.1.4 Perfil d'ús i ocupació

A continuació analitzem l'ús dels espais de l'escola i la ocupació d'aquests, tenint en compte els horaris, nombre d'usuaris i la finalitat d'empre que té cada espai. Aquesta informació ens acostava a la comprensió de la demanda energètica que tindrà l'escola i els punts que són susceptibles de millora, tant en la vessant tèrmica com lumínica.

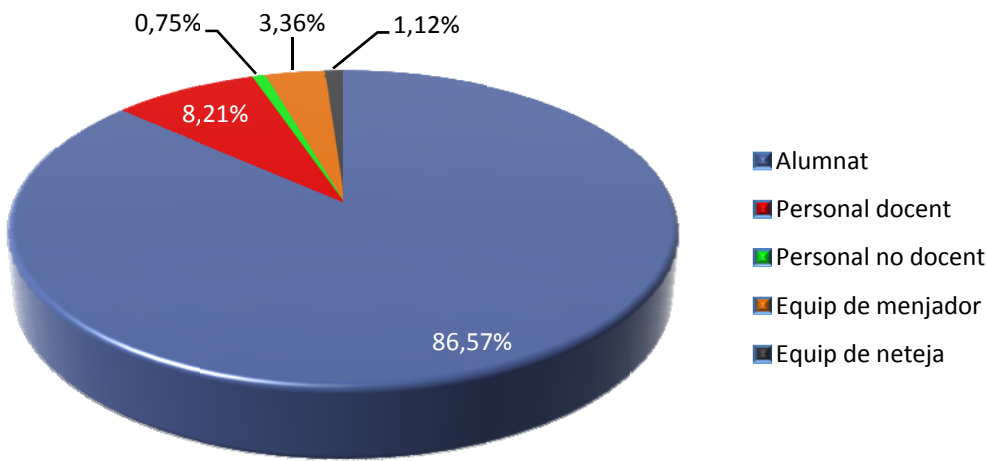
A cada un dels plànols de distribució que es troben als annexos es poden comprovar els percentatges d'ocupació d'espais per planta amb un gràfic, a més de les superfícies útils de cada espai i la superfície construïda de cada planta. Conèixer l'ús que se li dona a cada espai és important per analitzar si els nivells d'enllumenat i de climatització són correctes i quina possibilitat d'actuació hi ha en cas de disfuncions; els horaris de classe també ens permetran veure quins espais estan en funcionament i quins resten sense ús. Resumint, amb aquest exercici podem valorar quines zones tenen una major activitat i per tant un major consum i en quines hores es produeix.

L'horari lectiu és de 8:30 a 12:00 hores i de 14:30 a 16:00 hores. De 12:00 a 13:00 hores és l'horari de menjador dels nens i nenes de P3, P4 i P5, mentre que els de primària realitzen tallers; de 13:00 a 14:30 és l'horari de menjador dels de primària. A partir de les 16:00 hores, els alumnes abandonen el centre i posteriorment va marxant l'equip docent i no docent, i a partir de les 17:00 hores entra l'equip

de neteja (format per tres persones) que realitzen la seva tasca diàriament fins la 1:00 de la matinada. Per tant, tenim un ús d'energia elèctrica i tèrmica més enllà de l'horari lectiu.

	NOMBRE D'USUARIS
Alumnat	232
Personal docent	22
Personal no docent	2
Equip de menjador	9
Equip de neteja	3
TOTAL	268

Percentatge d'ocupació



Taula 2.2 i Gràfic2.1: Percentatge d'ocupació de l'escola (Font: Elaboració pròpia)

EDIFICI PRINCIPAL

Definim diferents tipus d'espai per a elaborar els gràfics d'ús dels espais. A l'edifici principal hi trobarem:

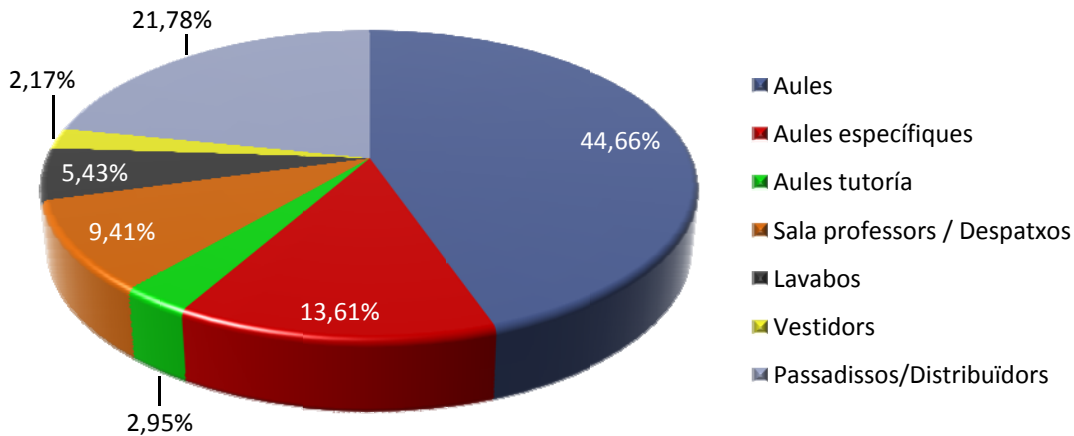
- Aules: són les aules habituals de cada curs i les que tenen més hores d'ocupació, ja que es on s'imparteixen totes les matèries excepte les d'informàtica, anglès, música i plàstica.
- Aules específiques: no tenen un ús tant continuat. En l'Edifici Principal hi trobem la biblioteca, l'aula d'anglès i l'aula d'informàtica
- Aules de tutoria: Tenen un ús puntual, destinat a les tutories.

- Sales de professors i despatxos: El seu ús es variable, depenent de cada espai. Aquí hi trobem les sales de consergeria, direcció, secretaria...
- Lavabos
- Vestidors: Únicament l'utilitzen les dones de la neteja per a canviar-se. No disposen de dutxes
- Passadissos i distribuïdors: Totes les zones comuns de pas i el 'hall' de l'edifici

ESPAI	SUPERFÍCIE ÚTIL (m2)
Aules	515,76
Aules específiques	157,19
Aules tutoria	34,07
Sala professors / Despatxos	108,68
Lavabos	62,68
Vestidors	25,02
Passadissos/ Distribuïdors	251,48
TOTAL	1154,88

Taula 2.3 Superfícies útils de l'Edifici Principal (Font: Elaboració pròpia)

Edifici Principal



Gràfic2.2: Percentatges dels diferents espais de l'Edifici Principal (Font: Elaboració pròpia)

EDIFICI ANNEX

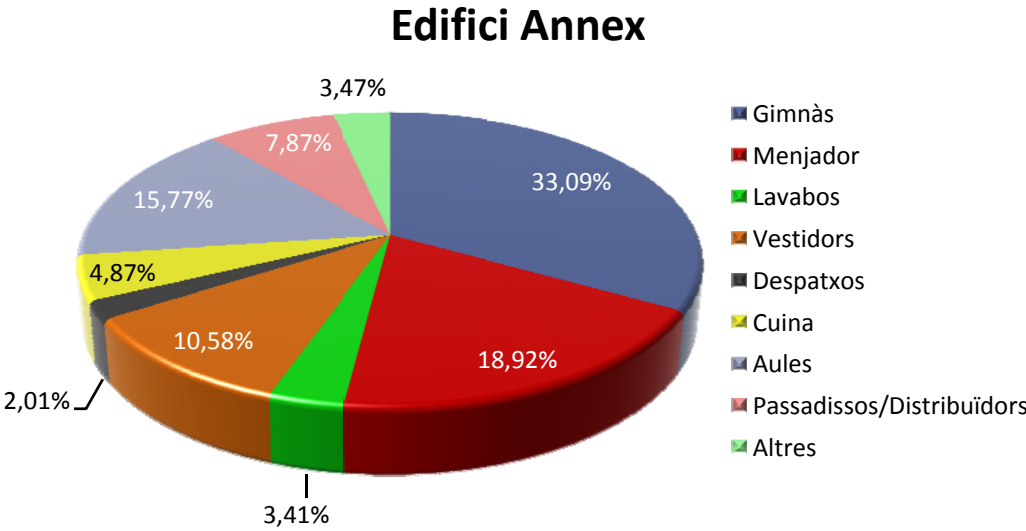
Els espais de l'edifici Annex tenen un ús més concret i, en general, no tant continuat com l'Edifici Principal. Els espais que identifiquem aquí son:

- Gimnàs
- Menjador: Si bé també és utilitzat pels professors per esmorzar a l'hora del pati, la seva màxima ocupació es produeix en l'horari de menjador, de 12:00 a 14:30 hores.
- Lavabos: En general tenen un ús coincident amb el del menjador.

- Vestidors: Disposen de dutxes i aixetes amb aigua calenta sanitària i es fan servir després de les classes de gimnàstica.
- Despatxos: Només hi ha el despatx destinat a l'AMPA, i s'utilitza per a reunions un cop al mes
- Cuina: Annexada al menjador, és l'espai amb més activitat de l'edifici, ja que comença a funcionar a mig matí per tenir preparat el servei a les 13:00 hores, i s'allarga fins al final de l'horari de menjador
- Aules: únicament hi trobem l'aula de música i l'aula de plàstica, amb horaris concrets d'utilització
- Passadissos i distribuïdors: Totes les zones comuns de pas i els 'halls' de cada planta de l'edifici
- Altres: Espais com el magatzem o el rebost

ESPAI	SUPERFÍCIE ÚTIL (m2)
Gimnàs	203,31
Menjador	116,26
Lavabos	20,98
Vestidors	65,02
Despatxos	12,32
Cuina	29,95
Aules	96,9
Passadissos/Distribuïdors	48,37
Altres	21,3
TOTAL	614,41

Taula 2.4 Superfícies útils de l'Edifici Annex (Font: Elaboració pròpia)

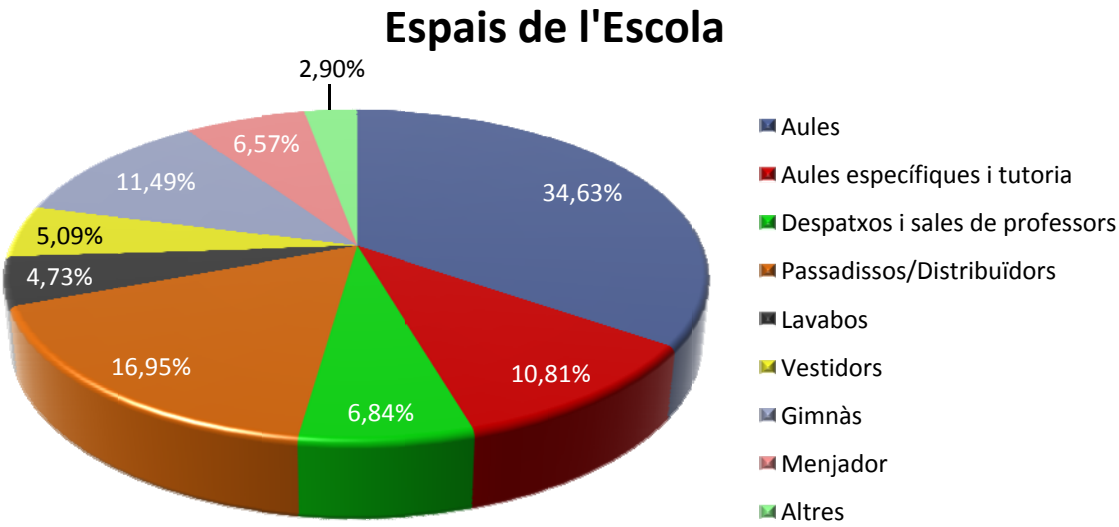


Gràfic 2.3: Percentatges dels diferents espais de l'Edifici Annex (Font: Elaboració pròpia)

El conjunt del CEIP Torre de la Llebre presenta les següents superfícies útils amb els corresponents percentatges respecte la superfície total:

ESPAI	SUPERFÍCIE ÚTIL (m2)
Aules	612,66
Aules específiques i tutoria	191,26
Despatxos i sales de professors	121
Passadissos/Distribuïdors	299,85
Lavabos	83,66
Vestidors	90,04
Gimnàs	203,31
Menjador	116,26
Altres	51,25
TOTAL	1769,29

Taula 2.5 Superfícies útils de l'Edifici Annex (Font: Elaboració pròpia)



Gràfic 2.4: Percentatges dels diferents espais de l'Escola (Font: Elaboració pròpia)

2.2 DADES DINÀMIQUES

2.2.1 Seguiment del consum

En aquest apartat s'efectua el seguiment del consum energètic i de recursos de l'escola. Es tracta d'identificar com es consumeix cada unitat d'energia amb la màxima precisió possible i conèixer com aquests consums varien al llarg del temps.

Per a tal finalitat, s'observen les dades dels consums d'electricitat, gas natural i aigua, que són els recursos que consumeix el centre. Aquestes dades s'han pogut obtenir a través del projecte Euronet 50/50 que, per al seu estudi i aplicació de mesures, recull les dades de consum des de l'any 2009 fins al 2013, a més de contrastar-les amb les factures de les companyies subministradores que s'han pogut consultar.

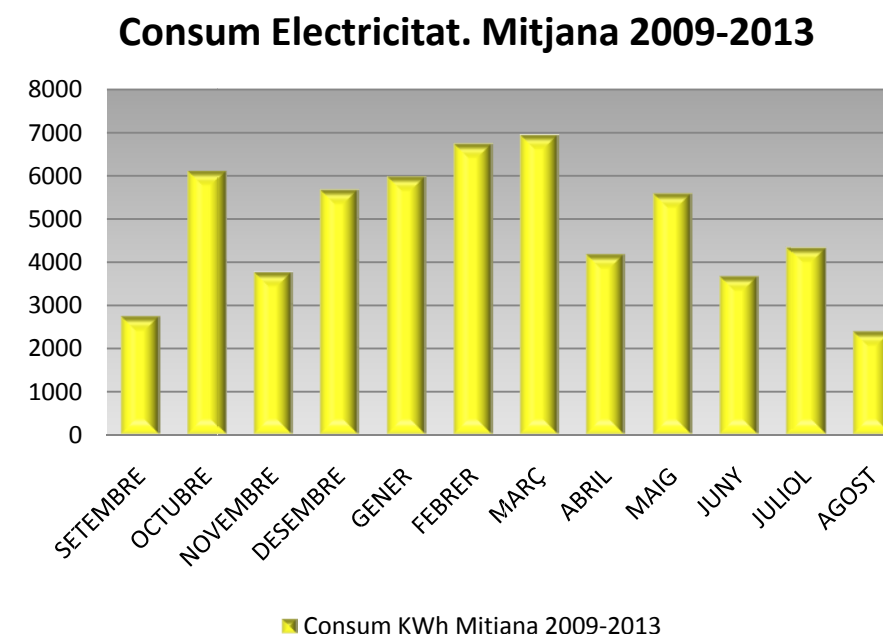
Els gràfics que es s'exposen a continuació mostren el consum mitjà de totes les dades recollides per a cada recurs des del curs 2009-2010 al curs passat 2012-2013; als annexos es poden consultar els consums de cada curs i el gràfic corresponent, on es compara amb la mitjana d'aquest període 2009-2013. S'han ordenat les dades per cursos en comptes de fer-ho per anys naturals per apreciar millor el consum al llarg del curs escolar, ja que tractem amb un centre escolar. Aquest seguiment permetrà comparar el consum real de l'edifici amb el consum teòric calculat a l'apartat d'avaluació, i valorar així l'eficiència energètica del centre.

ELECTRICITAT

El CEIP Torre de la Llebre té una potència instal·lada de 61.1 KW, i contractada de 50 KW. A l'Annex A es pot consultar l'esquema unifilar de la instal·lació elèctrica, per veure com es distribueix la potència per a cada planta i cada un dels espais i equips consumidors.

El consum d'electricitat del total de l'escola procedeix de la il·luminació (il·luminació dels espais, enllumenat d'emergència i il·luminació exterior) i equips de funcionament elèctric (ordinadors, projectors, ascensor, etc.). La major part del consum prové de la il·luminació dels espais interiors de l'edifici, ja que aquesta està activa durant tot el dia, tant en horari lectiu com en horari de neteja. L'enllumenat dels espais de l'Edifici Principal està íntegrament format per tubs fluorescents de 36W de potència, mentre que a l'edifici Annex els fluorescents són de 51W. Els equips tenen un ús més puntual, tot i que alguns s'utilitzen a diari no solen tenir un ús continuat.

	Consum KWh Mitjana 2009- 2013
SETEMBRE	2726
OCTUBRE	6089
NOVEMBRE	3751
DESEMBRE	5650
GENER	5987
FEBRER	6749
MARÇ	6952
ABRIL	4179
MAIG	5596
JUNY	3672
JULIOL	4345
AGOST	2397
TOTAL	58093



Taula 2.6 i Gràfic2.5: Consum mitjà d'electricitat en el període 2009-2013
(Font: Elaboració pròpia)

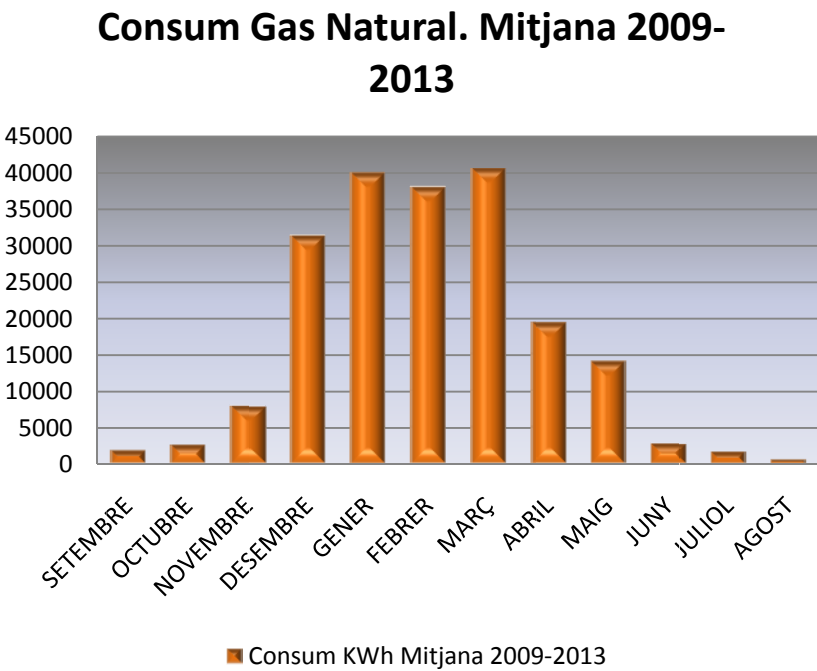
Es pot apreciar en general un consum més acusat d'electricitat en els mesos d'hivern, ja que a l'estiu tenim un angle d'incidència de la llum solar i una climatologia que afavoreixen l'ús de llum natural, disminuint així l'ús de la il·luminació artificial.

GAS NATURAL

El consum de gas anual de l'escola es situa entorn els 19.000 Nm³. Aquest consum es reparteix en les dues calderes, una destinada a la calefacció i l'altre per a l'aigua calenta. El consum d'aigua calenta es centra gairebé tot a l'Edifici Annex, on hi tenim la cuina i les dutxes dels vestidors del gimnàs, principals consumidors de l'ACS de l'escola, mentre que l'Edifici Principal consumeix la major part de la calefacció, amb tres circuits de sortida de la caldera (un per planta) per un de l'Edifici Annex.

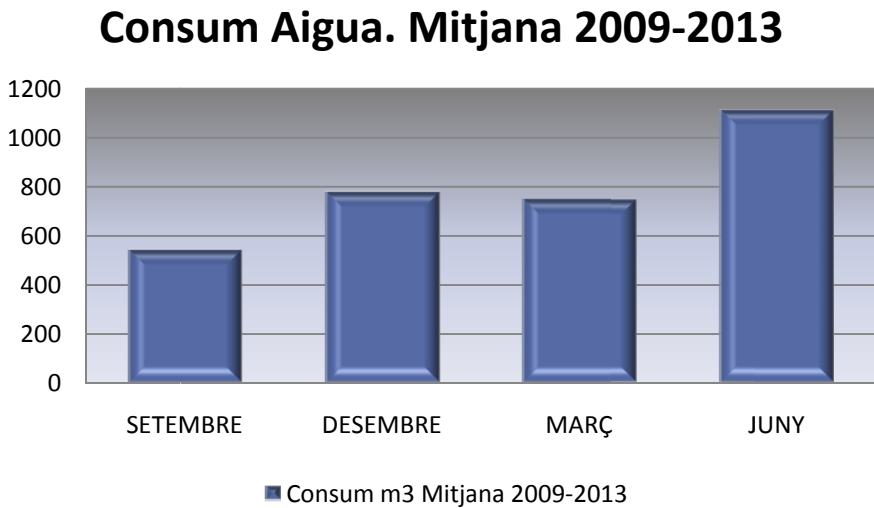
Per a la comprensió correcta de les dades que es resumeixen en aquest apartat, s'ha de tenir en compte que els consums de gas són els totals, sumant la calefacció, la producció d'aigua calenta i la cuina, que també és de gas. Per a la correcta avaluació del consum, s'haurà de precisar quina proporció de gas es destina per a cada finalitat, o fer una estimació el més aproximada possible.

	Consum Nm3 Mitjana 2009-2013	Consum KWh Mitjana 2009-2013
SETEMBRE	168	1798,5408
OCTUBRE	240	2569,344
NOVEMBRE	738	7900,7328
DESEMBRE	2938	31453,0528
GENER	3749	40135,2944
FEBRER	3546	37962,0576
MARÇ	3789	40563,5184
ABRIL	1813	19409,2528
MAIG	1317	14099,2752
JUNY	263	2815,5728
JULIOL	160	1712,896
AGOST	54	578,1024
TOTAL	18775	200997,64



Taula 2.7 i Gràfic 2.6: Consum mitjà de gas natural en el període 2009-2013 (Font: Elaboració pròpia)

Columna1	Consum m3 Mitjana 2009-2013
SETEMBRE	542
DESEMBRE	777
MARÇ	750
JUNY	1117
TOTAL	3186



Taula 2.8 i Gràfic 2.7: Consum mitjà d'aigua en el període 2009-2013 (Font: Elaboració pròpia)

AIGUA

Les dades del consum d'aigua de l'escola s'agrupen solament en quatre lectures l'any, en els mesos de setembre, desembre, març i juny. El consum prové de l'aigua que es gasta als lavabos de l'escola (piques i inodors) i per la cuina i les dutxes dels vestidors. També hi ha algunes classes que disposen de subministrament d'aigua ja que contenen algunes piques.

El més ideal seria identificar la quantitat d'aigua que consumeix cada aparell per distingir en quins punts hi ha un consum elevat. A l'Edifici Principal, tot i que la majoria de les aixetes són antigues, disposen de temporitzador i funcionen correctament; les aixetes, inodors i dutxes dels vestidors de l'Edifici Annex també funcionen de manera eficient. Es pot estudiar el canvi dels inodors antics per uns de doble descàrrega i analitzar els temps de descàrrega dels aparells consumidors..

2.2.2 Seguiment de la intensitat d'ús

A l'apartat del seguiment de la gestió, hem identificat els diferents tipus d'espai que es poden definir a l'escola segons el seu ús, així com percentatges d'ocupació que hi ha segons el tipus d'usuari. L'escola compta amb dos edificis diferenciats, que s'han definit com Edifici Principal i Edifici Annex.

L'ocupació de cada espai on s'imparteixi classe serà similar sigui el curs que sigui, entre 25 i 30 usuaris. En conjunt de l'escola, podem definir els següents espais principals i la seva intensitat d'ús:

- Aules: on es realitzen la major part de les matèries de cada curs, són els espais de més alta intensitat d'ús durant la setmana. Únicament queden buides en hores en les que s'imparteixi alguna matèria que requereixi el desplaçament a l'aula específica i en hores de pati o de menjador.
- Aules específiques: són aquelles en les que es realitza una activitat determinada. En el total de l'escola, tenim cinc aules específiques: informàtica, anglès, música, plàstica i biblioteca. La intensitat d'ús d'aquestes aules és més baixa i puntual durant la setmana.
- Aules de tutoria: només s'utilitzen de forma puntual.

- Despatxos i sales: tenen una intensitat d'ús variable i la ocupació varia depenent del despatx que es tracti. Per exemple, consergeria té una activitat diària notable, mentre que direcció o cap d'estudis no ho és tant, si bé també tenen un ús diari.
- Gimnàs: té un ús força continu durant la setmana. A part de estar destinat a les classes de gimnàstica de tots els cursos, també s'hi realitzen activitats com obres de teatre i els corresponents assajos.
- Cuina i Menjador: el seu ús és diari i la ocupació és major que en qualsevol dels demés espais de l'escola en el seu horari d'utilització, ja que recull el gruix d'alumnes que es queden al centre a dinar.

L'Edifici Principal és més gran i el que té una intensitat d'ús major; és on hi trobem la majoria d'aules habituals de cada curs escolar i on també hi ha diverses aules específiques, com la d'anglès, la d'informàtica i la biblioteca. A més, hi ha tots els despatxos i sales de professors, per tant la major part del dia l'Edifici Principal és el que resta més ocupat i, per tant, amb una intensitat d'ús més elevada.

L'Edifici Annex és usat bàsicament com a menjador i gimnàs, ja que la major part de la superfície útil d'aquest edifici és ocupada per aquests dos espais. També hi trobem dues aules específiques, la de plàstica i música. Si bé aquest edifici es suposa, a priori, més eficient degut a les transmissións que s'obtidran dels murs exteriors, la intensitat d'ús és més baixa, si bé el gimnàs té un ús força actiu al llarg de la setmana i la cuina té una ocupació diària durant el matí i migdia. Observant els horaris de classe que s'han pogut consultar, les hores d'utilització de les aules específiques en aquest espai es centren a la tarda, especialment la de l'aula de plàstica, i no tant en el cas de l'aula de música en la que sí hi ha alguns dies de classe al matí. Els horaris varien al llarg de l'any ja que cada trimestre s'elabora un nou horari de classes i canvia l'ordre d'assignatures i, en conseqüència, l'ús dels diferents espais de l'escola.

2.2.3 Seguiment de la gestió

Per molt eficients que puguin ser els sistemes d'instal·lacions d'un edifici i tot i tenint l'envoltant tèrmica uns nivells de transmissió que compleixin el codi tècnic, si no van acompanyades d'una gestió adequada podem tenir un edifici molt deficient pel què fa al consum i a l'eficiència energètica.

Tenir clar el funcionament en matèria de gestió serà fonamental en el present projecte, ja que l'escola objecte d'estudi compta amb unes instal·lacions tèrmiques i lumíniques força noves i amb un bon nivell d'eficiència, però el seu consum de KWh els últims anys supera en més d'un 45% la mediana dels edificis escolars; aquest defecte probablement vingui per una mala gestió dels recursos.

Actualment, l'escola està patint canvis en els protocols de gestió i el funcionament des instal·lacions, en especial la de calefacció. Per tant, el manteniment que es té dels mateixos no està regulat ja que s'està estudiant la forma de reduir el consum. Ara mateix, els tècnics encarregats fan revisions dels sistemes molt sovint per trobar l'ajustament més adient.

Els punts destacats per al seguiment de la gestió i per a poder analitzar els punts on es desajusta el funcionament són els següents:

- Tota la il·luminació del centre es manual, tant a l'Edifici Principal com a l'Annex; en cap cas hi ha detectors de moviment o dispositius que encenguin o apagui la il·luminació automàticament. Aquest fet provoca que en certes ocasions hi hagin llums encesos en aules buides o amb una il·luminació natural suficient, o en passadissos durant les hores de classe.
- Els aparells electrònics també s'encenen i s'apaguen manualment. Tenint en compte que alguns no s'utilitzen diàriament, s'hauria de tenir un control d'apagada del 'stand by' d'aquests aparells, en especial a l'aula d'informàtica, ja que pot passar un cert temps entre que usos i realitzar un protocol d'apagada d'aquests aparells a la llarga pot suposar un estalvi notable.
- La il·luminació de cada una de les aules de l'Edifici Principal, que es troben a la façana sud, tenen tres fileres amb tres lluminàries cada una disposades perpendicularment a les finestres. Si bé amb l'estudi lumínic posterior es comprovarà, en principi no és la més adient ja que a la zona més propera a les finestres es pot aprofitar la llum natural però es possible que no sigui suficient a la més llunyana, i l'encesa de llums no possibilita que s'encenguin les lluminàries únicament en aquesta part.
- El major consum de l'escola ve per la calefacció. Fins al curs actual (2013-2014), la calefacció s'encenia automàticament al mes de octubre-novembre i s'apagava també de forma automàtica al mes d'abril-maig. L'horari de funcionament era des de les 7:00 fins les 23:00 hores, ja que fins la 1:00 del matí hi treballa el servei de neteja.
- Si bé el sistema de calefacció disposa de sondes exteriors per regular la temperatura interior respecte l'exterior, aquestes actualment estan desactivades i la caldera treballa per mantenir la temperatura interior que es marqui als termòstats.
- La temperatura interior que marcaven els termòstats en totes les visites realitzades al centre ha estat sempre la mateixa, situada en 22.5 °C.
- A l'Edifici Principal, hi ha tres termòstats (un per planta). Cada un d'ells permet regular manualment la temperatura de tota la planta, però no els de cada espai. A l'edifici Annex, no hi ha instal·lat cap termòstat per regular la temperatura.
- La ventilació de tota l'escola s'ha de dur a terme manualment i a través de les finestres,

- Si bé totes les aixetes de l'escola tenen temporitzador, la majoria dels inodors son de única descàrrega
- Es du a terme diàriament, de dilluns a divendres, la neteja de tota l'escola. L'equip de neteja és format únicament per tres persones i la seva tasca s'allarga 8 hores, concretament de 17:00 a 1:00 hores. Tot i acabar les classes a les 16:00 hores i quedar pràcticament buit el centre, la calefacció segueix funcionant fins les 23:00 hores, és a dir, la calefacció de tot el centre funciona durant 6 hores únicament per a les tres persones que formen l'equip de neteja.

Es fa evident que aquest últim punt és el que condiciona l'elevat consum energètic del CEIP Torre de la Llebre i serà el principal factor a corregir per aconseguir uns consums i una eficiència més raonables. En apartats posteriors es farà una estimació per quantificar energètica i econòmicament el que es consumeix en aquesta franja horària.

Si bé la majoria de les transmissió tèrmiques dels tancaments de l'escola no compleixen amb el que marca el Codi Tècnic, no justifiquen que s'hagi de mantenir encesa la calefacció durant l'horari de neteja; de fet, en cap cas es pot justificar que només tres persones consumeixin tantes hores de calefacció de gairebé 1800 m² de superfície útil.

2.2.4 Seguiment de les condicions de confort

L'objectiu d'aquest apartat és conèixer si el conjunt format per l'arquitectura i construcció dels edificis de l'escola, juntament amb els seus sistemes, garanteixen les condicions de confort als seus usuaris. És important tenir en compte els nivells de confort d'un edifici ja que és una condició indispensable per al desenvolupament de l'activitat per a la qual està destinat.

El més adient per obtenir dades de confort és mesurar la humitat i temperatura dels diferents espais de l'escola, a més d'obtenir els nivells d'il·luminació dels espais; aquí no es considerarà el confort acústic ja que no representa consum energètic. Les dades a recollir són tant objectives (a partir d'aparells de mesura) com subjectives (a través de la percepció dels usuaris de l'escola).

L'apartat referent a la il·luminació s'analitza més endavant i es fa un estudi més exhaustiu, ja que al ésser un edifici docent és rellevant el confort lumínic que ha de complir.

Per a recollir les dades higromètriques i tèrmiques que presenten els espais de l'escola, s'hauria d'utilitzar un termohigròmetre que permeti enregistrar les dades interiors i exteriors durant un període de temps representatiu i obtenir resultats que ens permetin valorar el perfil de confort que hi ha a l'edifici. El més interessant seria realitzar aquest estudi als mesos en què l'edifici està sotmès a les

condicions climàtiques més extremes (hivern i estiu), i veure si s'assoleixen els paràmetres de confortabilitat.

Com que aquest projecte s'ha elaborat durant els mesos de primavera, no s'ha considerat oportú la utilització d'aparells de mesurament ja que la temperatura i humitat exteriors es mantenen en uns nivells que no disten tant dels que s'hauria de tenir a l'interior dels edificis. Així doncs, per realitzar aquest apartat s'ha dut a terme una recollida de dades subjectives a partir d'una enquesta, per a que els usuaris (professors i personal no docent) valorin els nivells de confort tant als mesos més freds com als més calorosos, així com la seva percepció sobre la il·luminació que tenen al seu espai de treball habitual.

Igualment, les dades recollides s'haurien de contrastar amb unes d'objectives, a partir de l'ús d'un termohigròmetre durant els mesos climatològicament més exigents i en els que hi ha activitat al centre. Per exemple, al hivern es pot dur a terme la recollida de dades durant els mesos de desembre, gener i febrer, i per a les condicions d'estiu, durant el mes de juny i el mes de setembre (últim i primer mes de classe de cada curs).

3. FASE 2: AVALUACIÓ

Un cop s'ha realitzat l'aixecament de dades, es procedeix al seu anàlisi mitjançant diferents eines informàtiques. Per a dur a terme aquest anàlisi d'eficiència energètica, es tenen en compte diversos aspectes com el consum de recursos, les condicions de funcionament del centre, els sistemes que tenim instal·lats i la demanda energètica (tèrmica i lumínica).

A partir dels resultats que s'obtenen en aquest apartat, es poden plantejar les línies d'actuació per mirar de resoldre les disconformitats de l'edifici o per minimitzar-les. També serà necessari tenir present la gestió i funcionament actuals i proposar millores, ja que aquestes poden tenir un cost zero o ínfim i els beneficis poden ser immediats.

3.1 ANÀLISI DE L'EFICIÈNCIA ENERGÈTICA

Conèixer la demanda energètica de l'edifici objecte d'estudi és primordial per avaluar-ne l'eficiència energètica. Obtenint aquestes dades, les podrem comparar amb els consums reals que es puguin obtenir de les factures de les companyies subministradores i veure el potencial d'estalvi que hi ha. Aquesta demanda s'obtindrà a partir de les eines informàtiques d'avaluació que es descriuen tot seguit.

3.1.1 Eines informàtiques d'avaluació

Per a obtenir la demanda tèrmica i lumínica que requereix l'escola analitzada, operem amb els següents programes informàtics:

- **LIDER (*Limitación de la Demanda Energética*)**: El programa LIDER es l'aplicació oficial per a la verificació del compliment de les exigències marcades al CTE en relació a la demanda energètica. Aquest programa està dissenyat per a poder realitzar la definició geomètrica, constructiva i operacional del edifici i realitza els càlculs establerts al DB - HE 1. També ens permet obtenir la documentació administrativa pertinent.
- **CALENER VYP (*Calificación Energética de Edificios*)**: Treballa amb el mateix motor de càlcul que el programa LIDER. A partir de la definició de l'edifici amb el LIDER i introduint els sistemes d'instal·lacions, el programa CALENER avalua la qualificació energètica del mateix. Aquest

programa també s'ha establert com el de referència per a la qualificació energètica d'edificis de vivendes i de mitjà terciari per al Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme.

- **DIALUX 4.11**: És la eina informàtica que ens permetrà avaluar la demanda lumínica dels diferents espais de l'escola i analitzar la il·luminació que hi ha actualment al centre. DIALUX realitza els càlculs lumínics de manera que podem estudiar tant la situació actual com proposar altres més idònies, canviant la distribució de les lluminàries o substituint-les per unes altres més eficients.

3.1.2 Demanda tèrmica

En aquest apartat obtenim i analitzem els resultats que s'obtenen del programa LIDER, en referència a la demanda energètica del centre escolar. El programari calcularà tenint en compte aspectes com la orientació, la zona climatològica, volums dels espais i la definició dels tancaments horitzontals i verticals de l'edifici. Per aquest motiu, serà important haver realitzat un anàlisi el més precís possible de la composició arquitectònica i constructiva de l'edifici en la fase d'aixecament de dades.

Tot i que el programa té certes limitacions pel què fa a la definició geomètrica, s'ha pogut definir l'edifici, si bé visualment amb alguna diferència, amb els volums proporcionats de cada espai. S'han recreat els dos edificis de l'escola en arxius diferenciats, ja que el programa no permet introduir dos edificis diferents en un mateix. Per tant, obtindrem la demanda energètica de cada un dels edificis per separat. Aquests petits problemes s'estendran a l'hora d'avaluar-los amb el CALENER VYP, ja que els edificis comparteixen el sistema de calefacció.

Els aspectes més rellevants que influeixen a la demanda tèrmica d'un edifici són els següents:

- Transmissió de l'envoltant de l'edifici:

La quantitat de calor que intercanvien els espais de l'edifici amb l'exterior és un aspecte fonamental per a l'avaluació de la demanda energètica. Anteriorment, a la Taula 2.1 de l'apartat on es defineix la construcció dels paraments verticals i horitzontals de l'escola, podem veure la taula dels valors límit de transmissió per a cada element que marca el CTE.

Aquests valors de transmissió s'expressen $U = W/m^2 \cdot K$, i es calculen a partir de l'expressió següent:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots R_3 + R_{se}$$

On,

R_T , és la resistència total del tancament

R_1, R_2, R_n , és la resistència tèrmica de cada una de les capes que conformen el tancament.

R_{si}, R_{se} , és la resistència superficial al aire interior i exterior, respectivament.

La resistència tèrmica de cada una de les capes s'obté de l'expressió $R = \frac{e}{\lambda}$, on,

e , és l'espessor de la capa

λ , és la conductivitat tèrmica del material que compona la capa

La transmitància tèrmica dels buits de façana de les portes i finestres també jugaran un paper important, ja que tenim un percentatge d'obertures d'un 30% tant a la façana Nord com a la Sud. Aquesta transmitància de les obertures es calcula tenint en compte el la transmitància del marc i del vidre, a partir de l'expressió $U_H = (1 - F_M) \cdot U_{Hv} + F_M \cdot U_{HM}$, on,

U_H és la transmitància total de la finestra en W/m^2K

F_M és la superfície del perfil en m^2 respecte el total de la finestra

U_{Hv} és el valor de la transmitància tèrmica del vidre, en W/m^2K

U_{HM} és el valor de la transmitància tèrmica del marc, en W/m^2K

El propi LIDER conté una llibreria de materials amb les seves característiques tèrmiques. Especificant l'espessor de les diferents capes que componen cada tancament es calcula automàticament la transmitància tèrmica del parament, així com de cada una de les obertures.

- Condicions climàtiques i Captació solar:

La quantitat de radiació solar directa que rep l'edifici es un condicionant per a la demanda energètica. Bàsicament, la recepció d'aquesta radiació solar dependrà de la seva ubicació i orientació, el seu percentatge d'obertures en façana i les característiques d'aquestes. A més, el CTE estableix diferents condicions segons la zona climàtica en la que ens trobem; la taula de les zones climàtiques es a la taula B1 de l'Apèndice B.

Tabla B.1.- Zonas climáticas de la Península Ibérica

Zonas climáticas Península Ibérica																		
Capital	Z.C.	Altitud	A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C4	C3	C2	C1	D3	D2	D1	E1
Albacete	D3	677										h < 450			h < 950			h ≥ 950
Alicante/Alacant	B4	7					h < 250					h < 700			h ≥ 700			
Almería	A4	0	h < 100				h < 250	h < 400				h < 800			h ≥ 800			
Ávila	E1	1054														h < 550	h < 850	h ≥ 850
Badajoz	C4	168									h < 400	h < 450			h ≥ 450			
Barcelona	C2	1											h < 250			h < 450	h < 750	h ≥ 750
Bilbao/Bilbo	C1	214												h < 250			h ≥ 250	
Burgos	E1	861															h < 600	h ≥ 600
Cáceres	C4	385									h < 600				h < 1050			h ≥ 1050

Taula 3.1: Zones climàtiques de la Península Ibèrica (Font: CTE DB-HE 1, Taula B.1, Apèndice B)

- Ventilació i infiltració de l'aire:

Els espais de l'edifici necessiten una renovació periòdica de l'aire per mantenir els nivells de salubritat adequats. Aquesta renovació de l'aire interior repercuteix en la demanda energètica, a més de les infiltracions que es poden produir per les finestres.

- Intensitat d'ús:

La ocupació dels espais i el seu ús és també un factor a tenir en compte, ja que els ocupants de l'espai, l'activitat que hi duen a terme i els aparells que hi ha generen guanys en energia calorífica

El programa LIDER analitza demanda de calefacció i refrigeració de l'edifici objecte comparant-la amb un edifici de referència que es crea a partir dels paràmetres del mateix edifici objecte, amb la mateixa volumetria dels espais però amb els valors límit de transmitància tèrmica establerts en el CTE.

RESULTATS DEL PROGRAMA LIDER

Es recrea cada un dels edificis de l'escola, introduint les dades d'orientació, zona climàtica, ús i descripció geomètrica i constructiva que s'han obtingut prèviament. Donades les limitacions que s'han anunciat anteriorment que té el programa en la recreació geomètrica de l'edifici, hi ha alguns aspectes que no s'ajusten a la realitat. Alguns exemples són els següents:

- A la part antiga de l'Edifici Principal hi ha un petit soterrani que no s'ha pogut afegir ja que també hi ha un espai sanitari entre el terreny i el primer sostre i el programa no reconeixia els dos elements. S'ha optat, en aquest cas, per introduir una planta no habitable mig enterrada simulant el sostre sanitari, uns centímetres més alta del que és en realitat per absorbir el que seria aquest petit soterrani

- L'altura entre plantes de les diferents parts de l'Edifici Principals son sensiblement diferents (3,00 i 3,80 m, respectivament). Com que no podem introduir alçades diferents en els espais d'una mateixa planta, s'ha hagut de ponderar l'alçada de tota la planta per introduir un valor idèntic per a tots els espais, tot i que mantenint la volumetria original de la planta. Aquest fet provoca que, per exemple, visualment el badalot de la part antiga de l'edifici tingui la mateixa alçada que la planta segona de la part nova, quan en realitat el punt més alt del badalot supera en aproximadament 2 metres l'alçada de la planta segona.
- La sala de calderes i el lavabo que hi ha al pati no s'han introduït ja que estan fora de l'edifici i no contenen calefacció. D'aquesta manera, aquests espais no condicionaran el càlcul de l'edifici.
- A l'Edifici Annex, el programa LIDER no reconeixia la coberta inclinada, degut a que la planta sobre la qual està no és ortogonal. Si bé en primera instància es va elaborar tot l'edifici amb una geometria idèntica a la real, s'ha modificat per poder obtindre resultats, i la imatge de l'edifici que es pot veure extreta del LIDER no és exactament amb la que s'ha calculat. A més, el programa no permet introduir finestres que no siguin rectangulars, i a la part superior hi tenim obertures en forma triangular. Per tant, s'ha optat per canviar la geometria per a que el programa pogués calcular, tot i que els volums tant dels espais com de les finestres es mantenen iguals i això permetrà al programa calcular demanda ajustant-se a la realitat.

Com s'ha indicat anteriorment, els edificis Principal i Annex s'avaluen per separat donades les limitacions de les eines informàtiques.

Edifici Principal

Durant l'elaboració dels tancaments de l'edifici en el programa LIDER, es poden observar les transmissibilitats tèrmiques dels tancaments que obtenim i preveure que l'edifici no complirà amb les exigències que marca el CTE. Com podem veure a la Taula 3.2, únicament la coberta 'sandvitx' realitzada en la reforma del 2009 com a substitució de l'anterior coberta de plaques de fibrociment compleix, igualant el valor límit que indica el Codi Tècnic.

Per a l'obtenció de la demanda energètica, el més destacable serà fixar-nos en les transmissibilitats tèrmiques dels tancaments verticals i horitzontals exteriors; els interiors no tindran tanta rellevància donats que tots els espais, o gairebé tots, contenen climatització i un ús similar. Els ponts tèrmics que suposen les trobades dels sostres amb el mur de façana o els pilars de façana també son calculats, amb els valors per defecte que té incorporats el propi LIDER.

DENOMINACIÓ	VALORS OBTINGUTS AMB LIDER (W/m²K)	VALORS LÍMIT SEGONS EL CTE (W/m²K)
Sostres entre plantes Part Nova	2,76	0,50
Sostres entre plantes Part Antiga	2,16	0,50
Murs Exteriors Part Nova	1,36	0,73
Murs Exteriors Part Antiga	2,25	0,73
Coberta Plana Catalana Part Nova	1,45	0,41
Coberta Plana Catalana Part Antiga	1,47	0,41
Coberta Plana Catalana (reparada) Part Antiga	1,29	0,41
Coberta Inclinada tipus 'sandvitx'	0,41	0,41

Taula 3.2: Comparació dels valors de transmissibilitat tèrmica reals dels tancaments exteriors amb els màxims segons el CTE, Edifici Principal (Font: Elaboració pròpia)

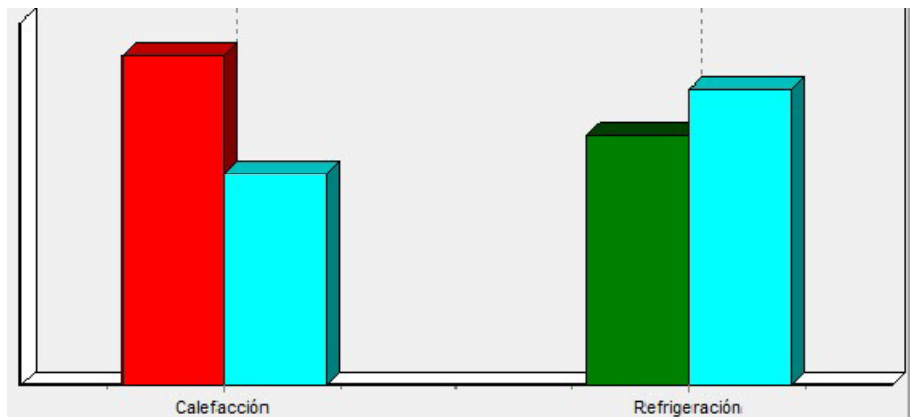
Com es pot apreciar, es superen els valors de forma notable, triplicant en ocasions els valors límit de transmissibilitat tèrmica permesa.

També s'ha de tenir en compte les característiques de les portes i finestres(transmissibilitat tèrmica i permeabilitat a l'aire), ja que l'Edifici Principal presenta un percentatge d'obertures del 30% tant a façana nord com a la sud. A la part nova de l'edifici els marcs son d'alumini sense ruptura de pont tèrmic, mentre que a la part antiga les fusteries son de fusta, tot i que no es conserven les mallorquines que hi havia originàriament. Tots els vidres que hi trobem son simples; també hem de recordar que hi ha part de la façana nord i oest amb una gran obertura de llum natural, realitzada amb U-Glass col·locat en càmera.

DENOMINACIÓ	VALORS LIDER (W/m²K)	CTE (W/m²K)		VALORS LIDER (m³/h·m²)	VALORS CTE (m³/h·m²)
		Nord	Sud		
Finestres alumini	5,7	2,9	4,3	50	0,27
Finestres fusta	4,35	2,9	4,3	50	0,27
Portes alumini	5,7	2,9	4,3	60	0,27
Portes fusta	4,35	2,9	4,3	60	0,27
U-Glass	3,69	2,9	4,3	50	0,27

Taula 3.3: Comparació dels valors de transmissibilitat tèrmica reals de les obertures exteriors amb els màxims segons el CTE, Edifici Principal (Font: Elaboració pròpia)

Es recrea l'Edifici Principal geomètricament i, un cop introduïdes totes les dades necessàries al programa LIDER i considerant una intensitat alta de 12 hores als espais de les aules i despatxos i de intensitat mitja de 12 hores als demás espais, obtenim les següents dades:

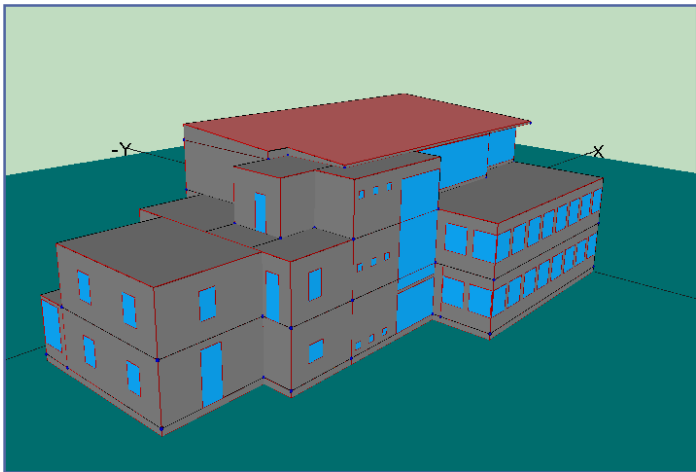


	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	155,6	83,9
Proporción relativa calefacción refrigeración	57,0	43,0

Gràfic 3.1 i Taula 3.4: Resultats del programa LIDER per a l'Edifici Principal (Font: Elaboració pròpia)

Aquests resultats es poden consultar detalladament als annexos. S'ha de tenir en compte que els resultats mostren la demanda anual, però no es pot introduir al programa que el centre roman tancat als mesos d'estiu i durant la setmana santa i Nadal, per la qual cosa realment hi hauria una variació en els resultats.

De totes maneres, aquestes dades permeten fer una avaluació energètica de l'edifici força aproximada. Podem observar que hi ha una demanda de consum en calefacció d'un 55,6% superior a la de l'edifici de referència calculat per LIDER, que vindrà principalment provocada per les altes transmissibilitats que trobem en els murs de façana i les cobertes planes de l'edifici i per la mala qualitat de les portes i finestres envers el comportament tèrmic. Per la



Il·lustració 3.1: Representació en 3D de l'Edifici Principal, programa LIDER (Font: Elaboració pròpia)

mateixa raó, la demanda de refrigeració és inferior al de l'edifici de referència, ja que el propi edifici transmet fàcilment la calor interior a l'exterior.

Edifici Annex

Pel què fa a l'edifici Annex de l'escola, d'entrada s'esperen uns resultats més favorables que en l'Edifici Principal ja que l'any de construcció és força més actual i les normatives d'aleshores ja incloïen la necessitat d'incorporar aïllament tèrmic als murs exteriors i cobertes.

Igual que a l'Edifici Principal, el primer sostre és sanitari, per tant no hi ha contacte directe amb el terreny. Els sostre que separa les dues plantes de l'edifici està format per una llosa de formigó, però al no ser les dues plantes iguals, en part de la façana est aquest sostre queda exposat a l'exterior. Ens queda el dubte si en aquesta part hi ha incorporat aïllament; en l'elaboració de l'edifici en el programa LIDER no s'ha incorporat aquest aïllament, de manera que afectarà a la demanda energètica i obtindrem així resultats més desfavorables.

Les transmissibilitats que tenim en els paraments que més afecten a la demanda de l'edifici són els següents.

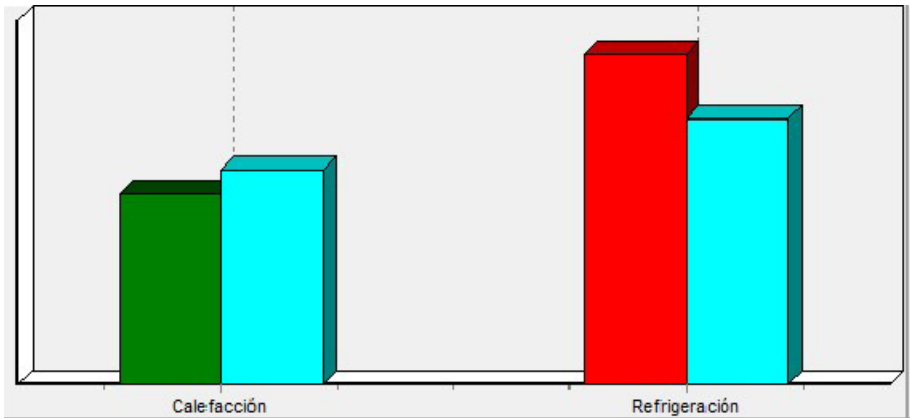
DENOMINACIÓ	VALORS OBTINGUTS AMB LIDER (W/m²K)	VALORS LÍMIT SEGONS EL CTE (W/m²K)
Sostre Sanitari	2,88	0,50
Sostre PB, part interior	2,44	0,50
Sostre PB, part exterior	2,62	0,41
Mur Exterior, acabat xapa	0,66	0,73
Mur Exterior, acabat arrebossat	0,64	0,73
Mur Exterior, zona cuina	0,67	0,73
Mur Soterrat	0,68	0,73
Coberta Inclínada tipus 'sandvitx'	0,49	0,41

Taula 3.5: Comparació dels valors de transmissibilitat tèrmica reals dels tancaments exteriors amb els màxims segons el CTE, Edifici Annex (Font: Elaboració pròpia)

DENOMINACIÓ	VALORS LIDER (W/m²K)	CTE (W/m²K)		VALORS LIDER (m³/h·m²)	VALORS CTE (m³/h·m²)
		Nord	Sud		
Finestres	3,88 / 3,88	2,9	4,3	25	0,27
Portes	4,27 / 4,27	2,9	4,3	60	0,27

Taula 3.6: Comparació dels valors de transmitància tèrmica reals de les obertures exteriors amb els màxims segons el CTE, Edifici Annex (Font: Elaboració pròpia)

Es procedeix de la mateixa manera que en l'apartat anterior i es calcula la demanda de l'edifici objecte front l'edifici de referència que calcula el programa.

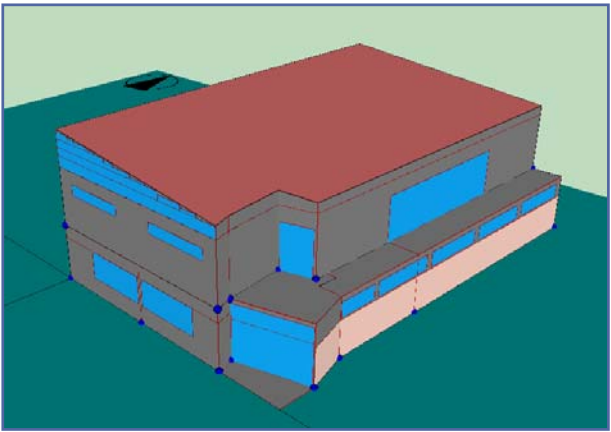


	Calefacció	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	87,9	124,3
Proporció relativa calefacció refrigeración	36,5	63,5

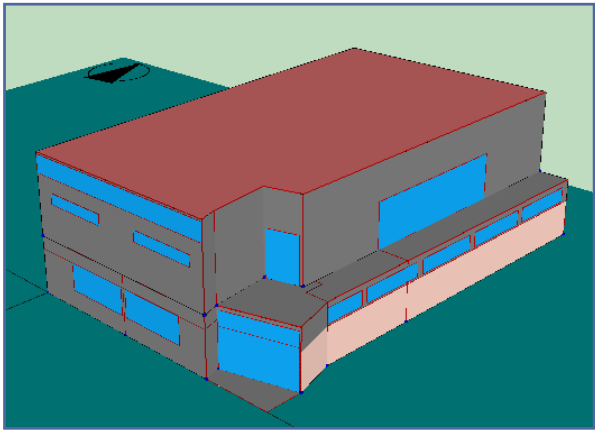
Gràfic 3.2 i Taula 3.7: Resultats del programa LIDER per a l'Edifici Annex (Font: Elaboració pròpia)

S'observa que, de forma inversa que a l'Edifici Principal, a l'Edifici Annex sí es compleix en la demanda de calefacció ja que l'Edifici requereix un 12,1% menys de calefacció que l'edifici de referència, però en canvi no es compleix en la demanda de refrigeració. Aquest fet és degut a que trobem aïllament en tots els paraments exteriors i això dificulta l'alliberament de calor interior als mesos d'estiu.

Com podem veure als annexos, en les enquestes repartides per valorar el confort tèrmic, el professor de gimnàstica valora amb la puntuació més baixa el confort del gimnàs, tant a l'estiu com al hivern. Si analitzem els resultats per espais, comprovem que el gimnàs requereix un 30% més de refrigeració que l'edifici de referència i només un 1,5% menys de calefacció. Segurament, la puntuació que s'obté per aquest espai als mesos d'estiu és perquè hi fa molta calor.



Il·lustració 3.2: Representació 3D de l'Edifici Annex (Font: DIALUX)



Il·lustració 3.3: Representació 3D modificada per al càlcul de l'Edifici Annex (Font: DIALUX)

3.1.3 Demanda lumínica

El consum de KW/h d'electricitat ve donat principalment per la il·luminació dels espais de l'escola. Hem vist que aquest consum supera un 32% la mediana de les escoles que intervenen en la base de dades del comparador de consums que té a disposició la Diputació de Barcelona a la seva pàgina web, per la qual cosa l'anàlisi de la demanda lumínica serà important per mirar de reduir el consum lumínic.

La demanda lumínica vindrà condicionada per la capacitat que tinguin els espais d'aprofitar la llum natural. Donat que el centre només té un ús diürn, les lluminàries no han de ser calculades tenint en compte la foscor exterior total, sinó en relació a la lluminositat natural que puguem obtenir a cada espai.

La secció HE 3 del Document Bàsic del CTE en Estalvi Energètic ens indica els paràmetres i valors límit que ha de tenir la instal·lació per a una il·luminació eficient. La caracterització i quantificació de les exigències d'aquest document, ens indiquen els valors d'eficiència energètica de la instal·lació VEEI (W/m²) per cada 100 lux, i els valors de potència màxima instal·lada en W/m² de la instal·lació. Les següents taules mostren aquests valors límit.

Taula 2.2 Potència màxima de il·luminació	
Uso del edificio	Potencia máxima instalada [W/m2]
Administrativo	12
Aparcamiento	5
Comercial	15
Docente	15
Hospitalario	15
Restauración	18
Auditorios, teatros, cines	15
Residencial Público	12
Otros	10
Edificios con nivel de iluminación superior a 600lux	25

Taula 3.8: Taula 2.2 del DB HE 3 del CTE. Valors límit de potència instal·lada (Font: Documento Basico HE Ahorro de Energía)

Tabla 2.1 Valores límite de eficiencia energética de la instalación

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes ⁽⁴⁾	4,0
almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4,0
aparcamientos	4,0
espacios deportivos ⁽⁵⁾	4,0
estaciones de transporte ⁽⁶⁾	5,0
supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁷⁾	6,0
hostelería y restauración ⁽⁸⁾	8,0
religioso en general	8,0
salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁹⁾	8,0
tiendas y pequeño comercio	8,0
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

Taula 3.9: Taula 2.1 del DB HE 3 del CTE. Valors límit del VEEI (Font: Documento Basico HE Ahorro de Energía)

El valor del VEEI (W/m²) es determina mitjançant l'expressió $VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$ essent:

P, la potència de la làmpada més l'equip auxiliar (W)

S, la superfície il·luminada (m²)

E_m, la il·luminància mitjana horitzontal mantinguda (lux)

La normativa UNE EN 12464-1, respecte a la il·luminació en els espais de treball interiors defineix els paràmetres recomanats per als diferents espais destinats a l'activitat que s'hi du a terme i en un dels apartats es defineixen els valors per als edificis educatius. Les recomanacions d'aquesta norma contribueixen a dissenyar sistemes d'il·luminació eficients i que compleixin amb les condicions de qualitat i confort visual.

Per a l'estudi de la demanda lumínica de l'escola, estudiarem els espais més representatius d'aquesta i mirarem si compleixen o no amb la normativa. Els valors límit per als diferents espais de l'escola són els que es mostren a la taula següent:

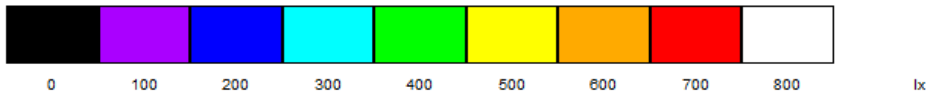
	VEEI límit (W/m²)	E _m (lux)	UGR
AULES, AULES TUTORIA	<3,5	>300	<19
AULES DE MANUALITATS	<3,5	>500	<19
GINNÀS	<4	>300	<22
MENJADOR	<10	-	-
BIBLIOTECA	<5	>500	<19

Taula 3.10: Valors límit segons CTE i UNE EN 12464-1 (Font: Elaboració pròpia)

La pissarra de les aules també té un requeriment lumínic, i és que la E_m no sigui inferior a 500 lux. També haurem de tenir en compte que la relació E_{min} / E_m, que és la relació entre la il·luminació més baixa obtinguda en algun punt del pla de treball i la il·luminància mitjana mantinguda, no sigui inferior a 0,5, per garantir una distribució homogènia de la llum.

El programa que s'utilitzarà per al càlcul lumínic és el DIALUX, versió 4.11. El programa calcularà el nivell d'il·luminació al pla de treball que establim, que en la majoria de casos serà a 0,75 m d'alçada, excepte al gimnàs que serà a la cota 0. El programa també permet calcular la llum natural que incideix en l'espai segons les finestres que hi incorporem i la localització i orientació d'aquesta i l'època de l'any; amb tot això, podrem avaluar la demanda lumínica dels espais més representatius de l'escola i comprovar si la il·luminació instal·lada és la més adequada.

Les imatges que podem veure a continuació estan extretes del propi DIALUX, que permet elaborar uns renders de colors falsos per mostrar de forma visual el nivell d'il·luminació obtingut. Les característiques de les lluminàries, així com els resultats lumínics de cada estància i situació exterior que s'ha estudiat, es poden consultar als annexos corresponents.



Il·lustració 3.2: Escala de colors falsos en lux (Font: Programa DIALUX)

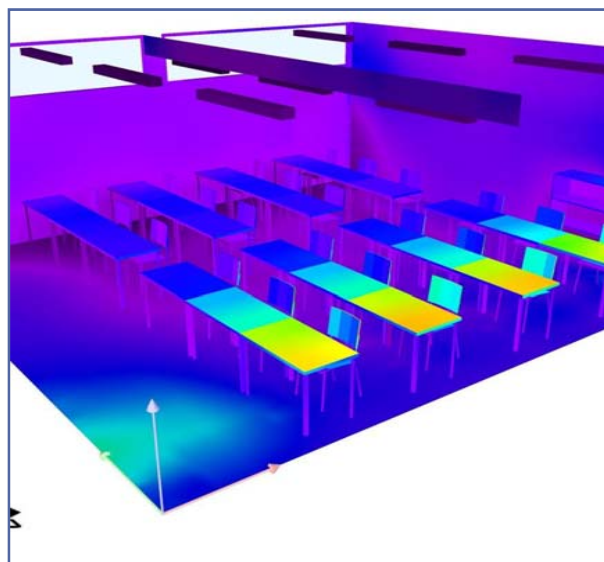
Per apreciar els nivells d'il·luminació natural que tenim i veure si aquesta és suficient o no per a il·luminar l'espai estudiat, s'elaboren diferents escenes de llum al DIALUX que corresponguin a diferents èpoques de l'any, ja que la intensitat lumínica que rebem serà diferent als mesos d'hivern que als d'estiu. Per tant, de forma general, s'analitza cada espai en tres mesos diferents: desembre, març i juny, tots ells a les 9:00 hores i amb la condició més desfavorable, considerant el cel ennuvolat. També

s'analitza l'espai únicament amb il·luminació artificial, per veure si la il·luminació instal·lada compleix els requisits indicats abans.

Aules Edifici Principal

Essent les aules amb major intensitat d'ús i la que més trobem al centre, és la primera que estudiarem. Totes les aules de la part nova de l'Edifici Principal estan orientades a sud i totes tenen les mateixes dimensions i característiques. Amb una superfície de 53,48 m², n'hi ha fins a 9 d'iguals, entre elles una destinada a la biblioteca, a més de l'aula d'informàtica que es troba a la façana nord. La lluminàries són les mateixes en totes les aules, formades per tres files de tres lluminàries cada una, les quals esta formades per un equip PHILIPS MASTER TL-D TCW216 2x36W convencional.

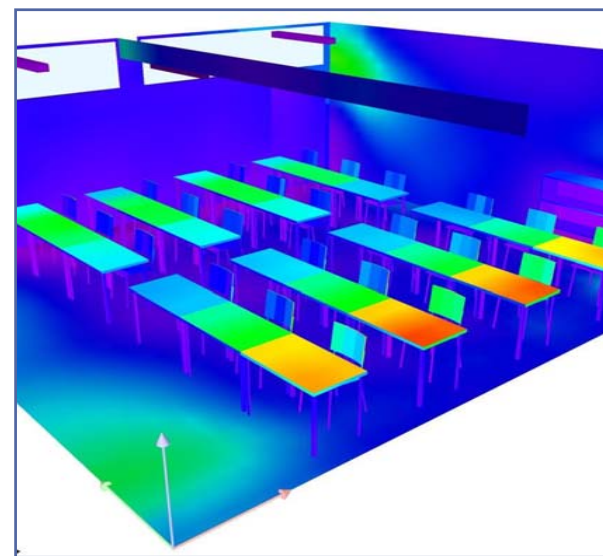
Les aules disposen de cortines per evitar el enlluernament. Per simular-les al DIALUX, s'ha posat un vidre opalí, que dona una transmissió lumínica similar, d'un 40%.



Il·lustració 3.4: Aula Edifici Principal. Desembre, sense utilitzar cortines (Font: DIALUX)

A les il·lustracions anteriors podem apreciar que la llum natural al desembre és insuficient per garantir els 300 lux a tota l'aula, ja que a la zona més allunyada de les finestres és de 200 lux o inferior. Al més de març sí s'aconsegueixen els 300 lux d'il·luminància mitjana, però a les zones properes a les finestres els valors són molt elevats (més de 1200 lux) i produeixen enlluernament i molèstia, fet que es repetirà al mes de juny però amb més intensitat.

Per tant, al mes de març ja serà necessari utilitzar les cortines per a poder realitzar les classes de manera confortable. Simulant la situació amb DIALUX, obtenim uns nivells adequats d'il·luminància



Il·lustració 3.5: Aula Edifici Principal. Març, sense utilitzant cortines (Font: DIALUX)

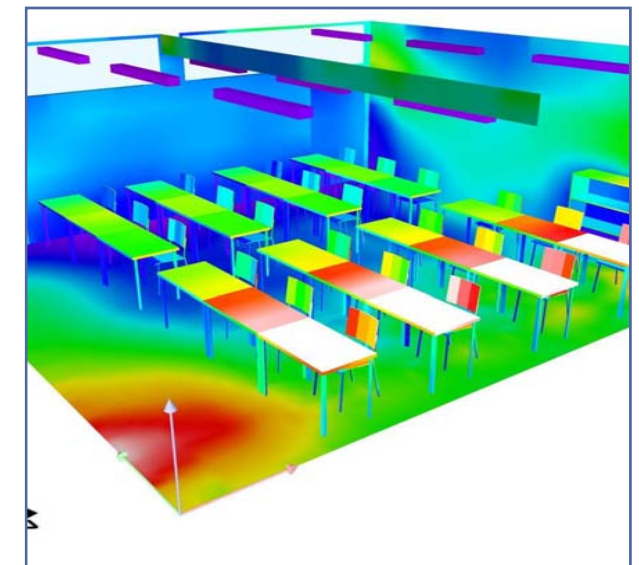
mitjana mantinguda (342 lux), tot i que la il·luminació a la zona de l'aula més allunyada de les finestres és un pèl més baixa que la que s'observa en el render, ja que les finestres en aquella zona no donen directament a l'exterior sinó al passadís. Igualment, els passadissos estan il·luminats amb llum natural en gran part, per la qual cosa els resultats no distaran tant dels que podem observar. La relació E_{min} / E_m no arriba als 0,5, si bé hi està ben pròxim, a 0,48.

La instal·lació d'enllumenat de les aules compleix amb els valors establerts al CTE i la UNE EN 12464-1:

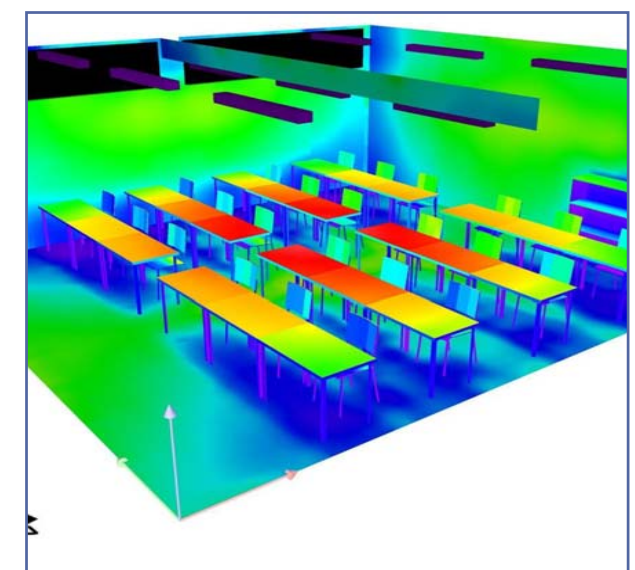
- VEEI de 2,52 W/m² x 100 lux
- E_m de 563 lux
- E_{min} / E_m de 0,508
- Potència instal·lada de 14,19 W/m²

Tot i així, els lux que obtenim d'il·luminància mitjana son força elevats, sabent que la normativa ens marca que el límit és de 300. Com podem veure en el render, a la zona central de l'aula s'arriba a una il·luminació en lux força elevada, provocada per la fila central de lluminàries que està instal·lada adossada a la biga que creua l'aula i, per tant, més pròxima al pla de treball en el que calcula DIALUX. Això ens convida a pensar que es pot estudiar l'eliminació de fluorescents en aquestes aules.

Podem concloure que les aules de l'Edifici Principal es poden utilitzar gran part de l'any únicament amb llum natural, o aportant una part d'il·luminació artificial sense que sigui la de tota l'aula al complet.



Il·lustració 3.6: Aula Edifici Principal. Març, sense utilitzar cortines (Font: DIALUX)



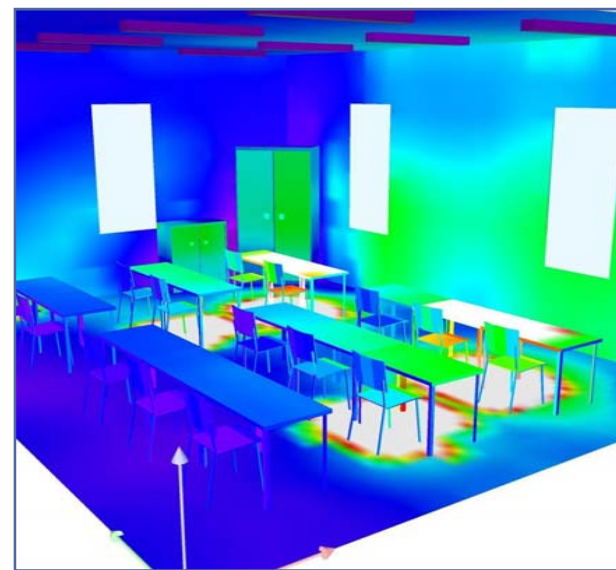
Il·lustració 3.7: Aula Edifici Principal. Il·luminació íntegrament per lluminàries (Font: DIALUX)

Aula Anglès. Edifici Principal

També és aquesta una aula que es troba a l'Edifici Principal, però a la part antiga, on hi ha una alçada major que a les aules de la zona nova i les finestres tenen dimensions i disposicions diferents. Els murs exteriors donen a nord, est i sud i també es disposa de cortines a les finestres. Aquesta aula té unes dimensions similars a les de l'aula de P3, situada al mateix punt de l'edifici però a la planta inferior, tot i que l'aula d'anglès és més desfavorable pel percentatge d'obertures en façanes.

Hi ha dues fileres de lluminàries de quatre lluminàries cada una, formades pel mateix equip que l'aula tipus estudiada anteriorment.

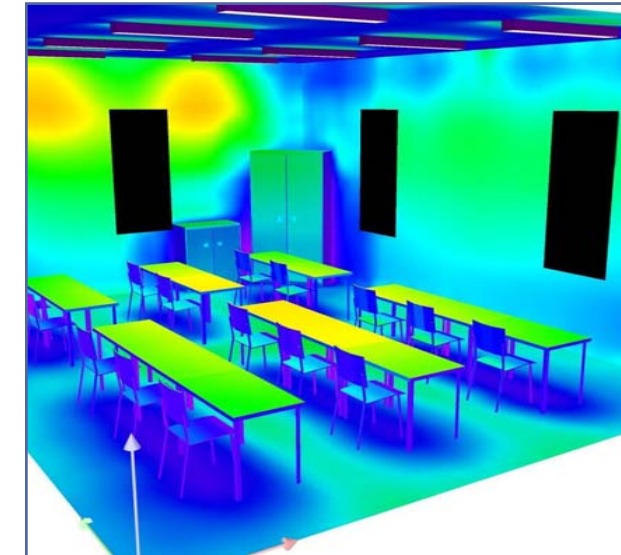
El render que podem observar, s'ha elaborat tenint en compte unes condicions climatològiques favorables (cel clar) i amb les cortines abaixades per evitar l'enlluernament. Comprovem que no s'aconsegueix cap confort lumínic, ja que en algunes zones properes a les finestres hi ha uns nivells d'il·luminació massa elevats i en els més allunyats no s'arriba als 300 lux de mínima. És a dir, amb el cel ennuvolat potser no tindríem enlluernament però el nivell d'il·luminació a les últimes files de l'aula seria molt deficient. Per tant, en aquesta aula no es pot treballar sense llum artificial, és més, és necessari abaixar les persianes per evitar que la llum solar molesti als usuaris.



Il·lustració 3.8: Aula Anglès. Juny, condicions favorables utilitzant cortines (Font: DIALUX)

La instal·lació que hi ha en aquesta aula també compleix amb els paràmetres del CTE i la norma, amb els següents valors:

- VEEI de $3,12 \text{ W/m}^2 \times 100 \text{ lux}$
- E_m de 452 lux
- E_{\min} / E_m de 0,699
- Potència instal·lada de $14,11 \text{ W/m}^2$



Il·lustració 3.9: Aula Anglès. Il·luminació íntegrament per lluminàries (Font: DIALUX)

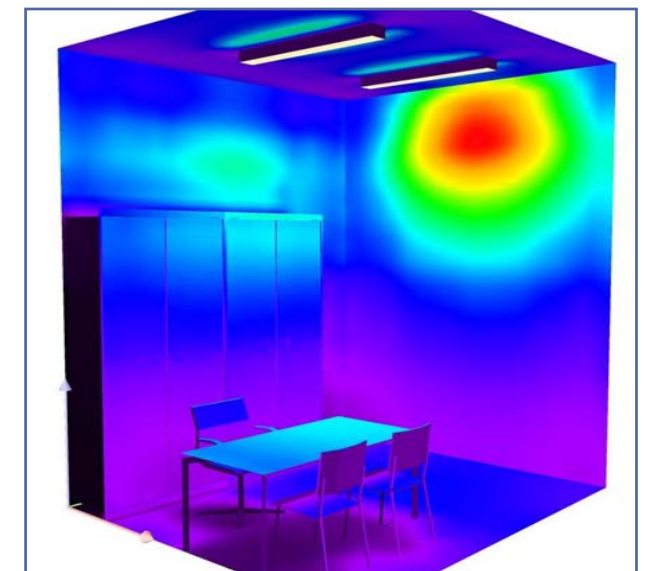
Les lluminàries d'aquesta aula estan instal·lades també adossades, i l'alçada lliure és força elevada en la part antiga de l'edifici, concretament de 3,8 metres. Si bé l'actual instal·lació compleix, es pot estudiar l'eliminació d'alguns fluorescents, i mirar la possibilitat de que la instal·lació pengés uns centímetres des del sostre.

Aula Tutoria

Aquesta aula de tutoria no té cap obertura a l'exterior, per tant l'anàlisi es únicament amb il·luminació artificial per veure si aquesta compleix amb els valors que marca la normativa. També es troba a la part antiga de l'Edifici Principal, i té una superfície de $9,57 \text{ m}^2$. Les lluminàries són les mateixes que en els dos casos anteriors.

La instal·lació d'aquest espai obté els següents valors:

- VEEI de $6,71 \text{ W/m}^2 \times 100 \text{ lux}$
- E_m de 265 lux
- E_{\min} / E_m de 0,563
- Potència instal·lada de $17,76 \text{ W/m}^2$



Il·lustració 3.10: Aula Tutoria, il·luminació artificial (Font: DIALUX)

Com veiem, no es compleix ni l' E_m ni la potència instal·lada. S'haurà de buscar mesures per mirar de fer complir el CTE i la normativa, estudiant el canvi de lluminàries o la suspensió d'aquestes des del sostre.

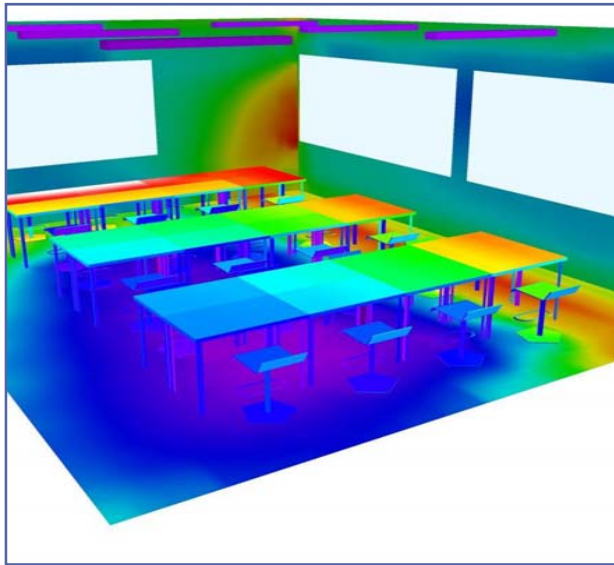
Aula Edifici Annex

L'aula representada correspon a l'aula de plàstica, situada a l'Edifici Annex. Els murs exteriors d'aquesta aula estan orientats a sud i oest, i les finestres tenen unes dimensions de 1,5 x 3,7 metres, sense cortines instal·lades. Les lluminàries estan repartides en tres fileres de dos lluminàries cada una, i l'equip de cada lluminària és del tipus PHILIPS MASTER TL-D Eco, de 51W. En el catàleg de PHILIPS no s'ha trobat exactament el model que hi ha a la realitat, i s'ha posat un exactament igual però amb fluorescents de 58W, que donaran un resultat similar. Els càlculs amb llum natural s'han realitzat en horari de tarda (15:00), ja que aquesta aula sol ser utilitzada en aquestes hores.

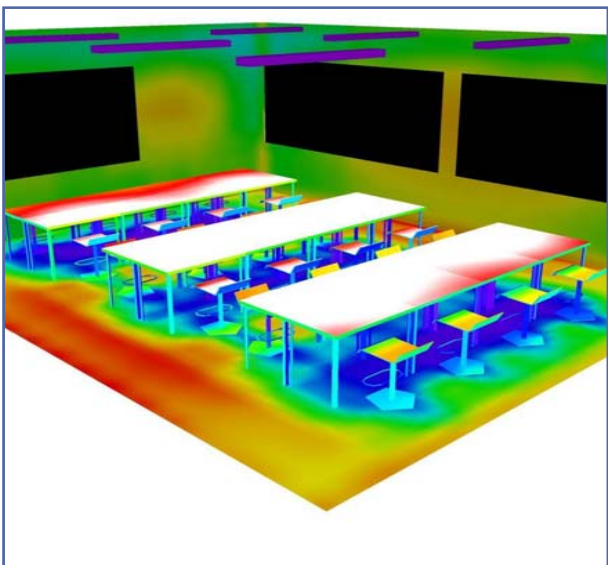
Al mes de desembre, obtenim uns valors mitjans adequats utilitzant únicament llum natural, però com observem en el render, el repartiment no garanteix els 500 lux en tota la superfície del pla útil. Als mesos posteriors ja serà molesta la llum diürna, per la qual cosa seria convenient la instal·lació de cortines en aquesta aula, que permetin l'ús de la llum natural.

Analitzant únicament la llum artificial, comprovem que compleix amb els paràmetres mínims:

- VEEI de 1,63 W/m² x 100 lux
- E_{min} / E_m de 0,6
- E_m de 824 lux
- Potència instal·lada de 13,43 W/m²



Il·lustració 3.11: Aula Plàstica, mes de desembre
il·luminació natural (Font: DIALUX)



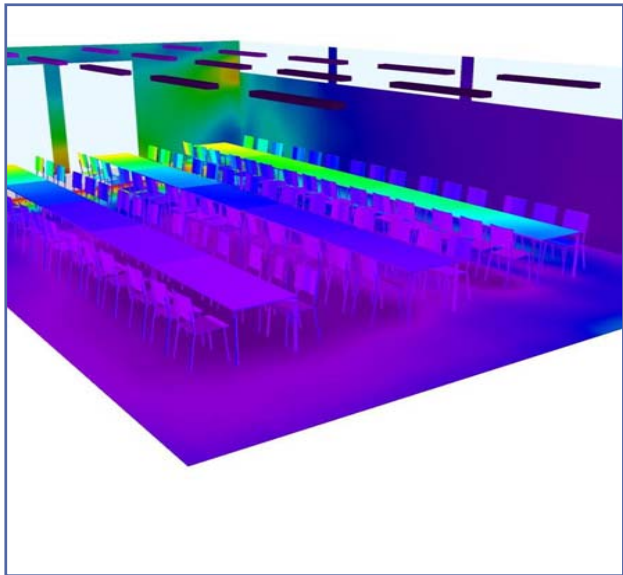
Il·lustració 3.12: Aula Plàstica Il·luminació
íntegrament per lluminàries (Font: DIALUX)

Tot i complir amb els valors límit, els valors de E_m són força elevats, per la qual cosa ens podem plantejar l'estudi de retirada d'alguns fluorescents.

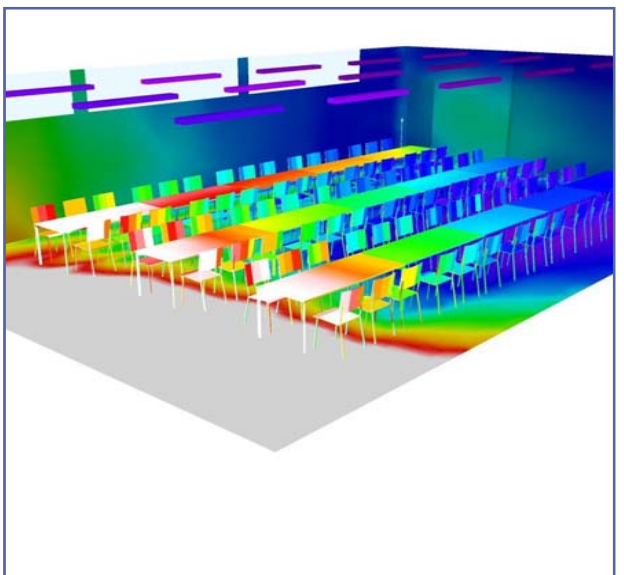
Menjador

El menjador es troba a l'extrem nord de la planta baixa de l'Edifici Annex i té una superfície total de 115,18 m². Les façanes que donen a l'exterior s'orienten a nord i a est, aquesta última té part de l'alçada enterrada, en contacte amb el terreny. Les lluminàries es disposen en tres fileres de cinc lluminàries cada una, essent l'equip de cada lluminària idèntic al de les aules d'aquest edifici, indicades al punt anterior.

Si bé no es requereix en aquest espai un nivell de E_m mínim, ha de ser suficient per a poder dur a terme l'activitat per al qual està projectat aquest espai. El CTE només limita el VEEI, que ha de ser inferior a 10 W/m² per cada 100 lux, i així es compleix. La il·luminació natural del menjador, tal com veiem als renders, es pot considerar insuficient al mes de desembre però ja és adequada al mes de març. Tampoc es disposa de cortines a les finestres i portes envitrades que donen a l'exterior, fet que podria ajudar impedir enlluernaments.



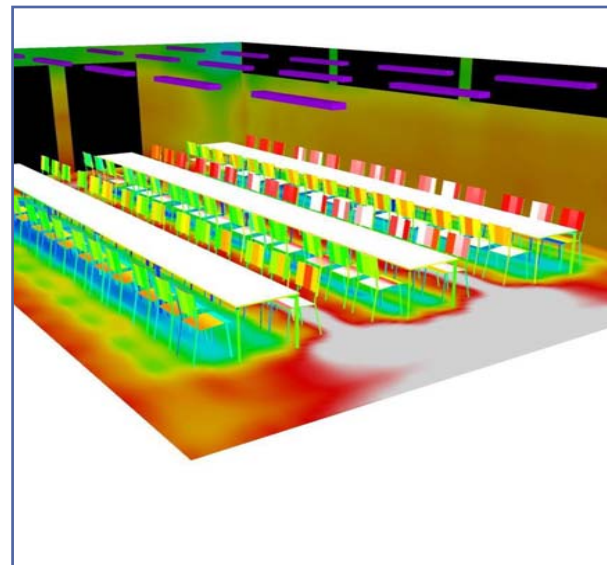
Il·lustració 3.13: Menjador, mes de desembre
il·luminació natural (Font: DIALUX)



Il·lustració 3.14: Menjador, mes de març,
il·luminació natural (Font: DIALUX)

Si considerem únicament la il·luminació artificial, es compleixen els paràmetres límit del CTE i la normativa excepte la relació E_{\min} / E_m ; a més, s'obté un valor de E_m força elevat, quan no és necessari que es disposi de tants lux. Es pot estudiar l'eliminació de fluorescents o el canvi per d'altres amb menys potència i que, per tant, consumeixin menys.

- VEEI de $1,45 \text{ W/m}^2 \times 100 \text{ lux}$
- E_m de 985 lux
- E_{\min} / E_m de 0,416
- Potència instal·lada de $14,33 \text{ W/m}^2$

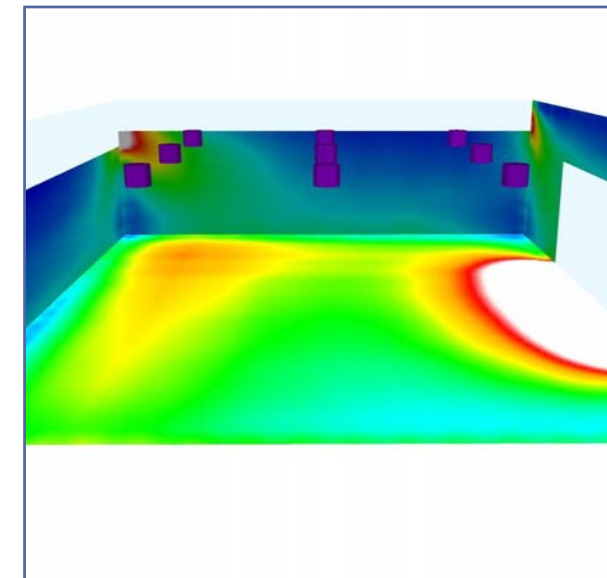


Il·lustració 3.15: Menjador, Il·luminació íntegrament per lluminàries (Font: DIALUX)

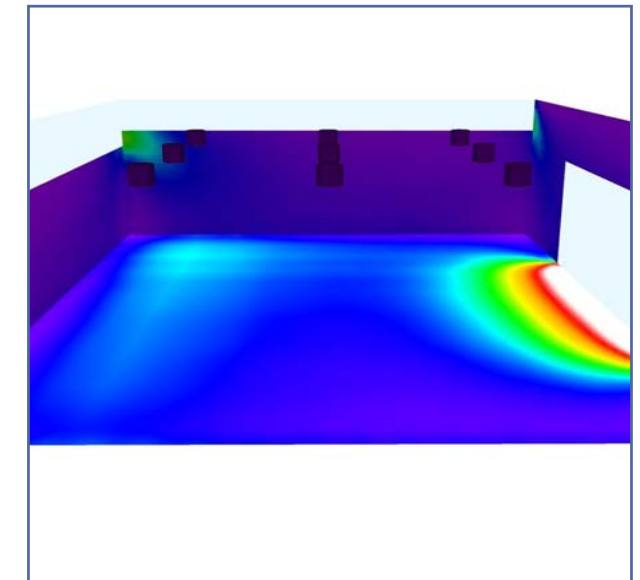
Gimnàs

El gimnàs està situat a la planta primera de l'Edifici Annex i té una superfície total de $203,31 \text{ m}^2$. Els resultats que s'obtenen amb DIALUX no seran del tot reals, ja que no s'ha pogut simular l'entrada de llum natural d'aquest espai, que és major del que es reflexa. L'alçada no és constant ja que la coberta és inclinada, i també hi penetra la llum natural des de sud tot i que a una certa distància, ja que entre l'entrada i la zona de gimnàs hi ha els vestidors i la zona del 'hall'. Aquesta entrada de llum des de sud no s'ha simulat, per tant hem d'entendre que els resultats que obtinguem són en realitat més favorables.

La sala està il·luminada artificialment per tres fileres de tres lluminàries cada una, l'equip de les quals és un focus amb bombeta de mercuri d'alta pressió, tipus PHILIPS HPL-N, de 250 W de potència cada una. Comprovem als renders que al mes de desembre no s'arriben als paràmetres mínims, si bé pot ser que millorin amb la il·luminació que es rep de sud i que no s'ha pogut reproduir. Al mes de març, la il·luminació natural ja és suficient i compleix tots els paràmetres luminotècnics del CTE i la norma.



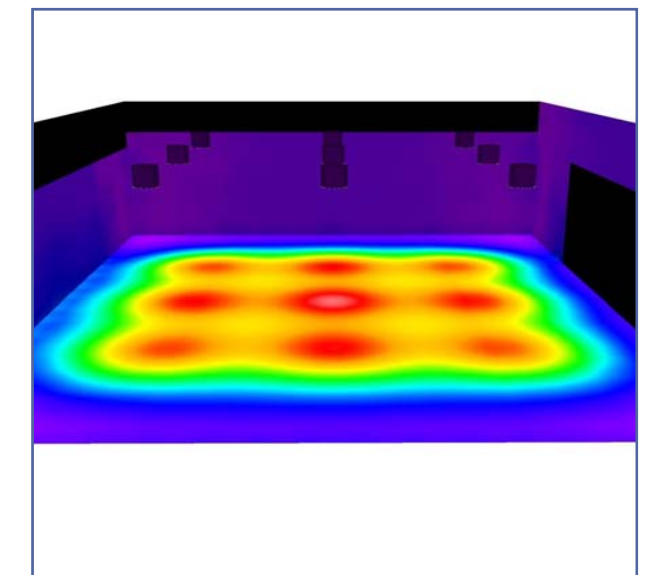
Il·lustració 3.16: Gimnàs, mes de març, il·luminació natural (Font: DIALUX)



Il·lustració 3.17: Gimnàs, mes de desembre, il·luminació natural (Font: DIALUX)

Considerant únicament la il·luminació artificial, es compleixen els paràmetres límit del CTE i la normativa excepte la relació E_{\min} / E_m ; això és degut a que les lluminàries estan instal·lades a les bigues metàl·liques que aguanten la coberta, i la llum entre elles no permet una disposició de les lluminàries més adient. Per altra banda, el render que es pot observar no representa del tot els lux que arriben al nivell del terra del gimnàs, ja que la coberta, com hem esmentat abans, és inclinada i ascendent de est a oest. De totes maneres, es pot estudiar el canvi d'aquests focus per uns que donin una il·luminació similar però consumeixin menys, ja que les actuals les podem considerar d'un impacte ambiental elevat.

- VEEI de $2,89 \text{ W/m}^2 \times 100 \text{ lux}$
- E_m de 419 lux
- E_{\min} / E_m de 0,286
- Potència instal·lada de $12,13 \text{ W/m}^2$



Il·lustració 3.18: Gimnàs, Il·luminació íntegrament per lluminàries (Font: DIALUX)

3.2 ANÀLISI DELS SISTEMES

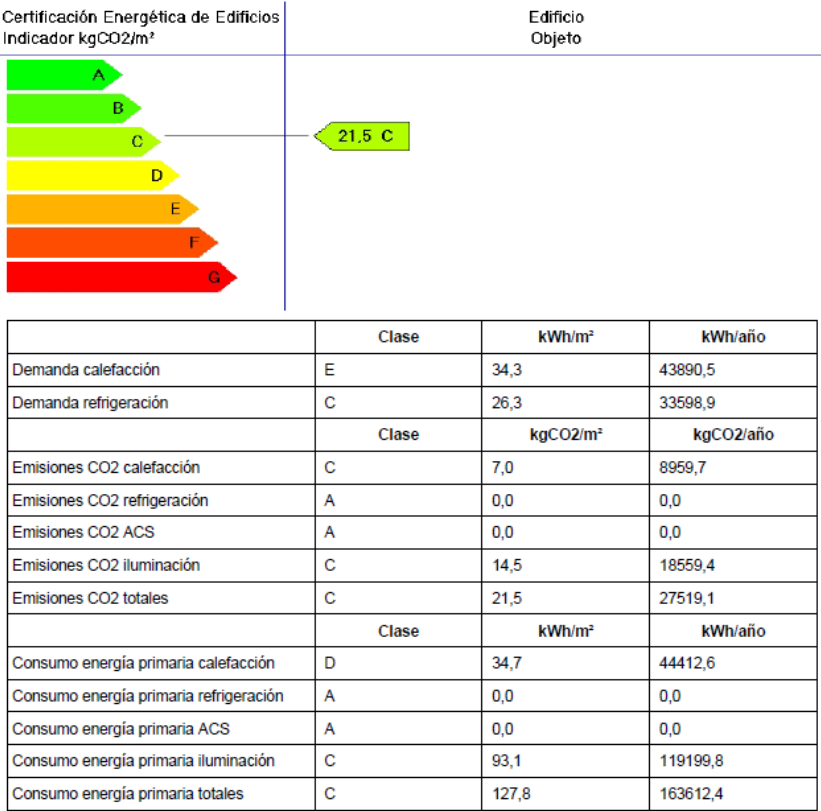
En aquest apartat ens proposem analitzar els sistemes d'instal·lacions que tenim a l'edifici i veure si aquests garanteixen les condicions de confort i qualificant energèticament l'edifici. Aquest procés es durà a terme gràcies a l'eina informàtica CALENER VYP, que és el programa oficial que es va elaborar per donar suport al procediment bàsic per a la certificació energètica d'edificis de nova construcció, del Reial Decret 47/2007.

El programa CALENER funciona amb el mateix motor de càlcul que el LIDER, per tant ens servirà la definició geomètrica que hem elaborat anteriorment. En aquest cas, introduïrem els sistemes d'instal·lacions que tenim tant a l'Edifici Principal com a l'Edifici Annex, i el programa ens donarà els indicadors energètics d'energia anual en KWh per m² i les emissions de CO₂ anuals en Kg per m². El programa també generarà uns índex de referència i qualifica l'edifici en una escala de la A a la G, essent la A el més eficient i la G el que menys. Aquesta qualificació que fa el programa es basa sobretot en les emissions de CO₂ que s'obtenen. Els resultats es poden consultar als annexos, amb tots els detalls de l'output del programa.

Edifici Principal

Com ja hem vist, l'únic sistema que tenim en aquest edifici és el de calefacció, ja que l'ACS el trobem únicament a l'Edifici Annex i l'escola no disposa de refrigeració en cap cas. També hi ha un acumulador elèctric de 50L que funciona de manera autònoma per als lavabos de la classe de P3, però no s'ha considerat en aquest anàlisi. Obtenim els resultats que es poden veure a la il·lustració 3.19.

El programa CALENER VYP qualifica l'edifici amb una C, una qualificació que no és tant negativa com la que es preveia. Aquesta qualificació que realitza el programa és per les emissions de CO₂ associades als sistemes i en relació a la geometria i construcció de l'edifici. Als annexos corresponents es poden consultar detalladament les característiques i resultats que ofereix l'output del programa CALENER, i que serveix com a document administratiu.



	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
* Demandas	kWh/m²	kWh/año	kWh/m²	kWh/año
Calefacción	34,3	43890,5	22,2	28436,3
Refrigeración	26,3	33598,9	31,1	39809,3

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Consumos Energía Final	kWh/m²	kWh/año	kWh/m²	kWh/año
Calefacción	34,3	43929,4	28,3	36179,4
Refrigeración	0,0	0,0	0,0	0,0
ACS	0,0	0,0	0,0	0,0
Iluminación	35,8	45793,3	49,9	63887,6
Total	70,1	89722,7	78,2	100067,0

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Consumos Energía Primaria	kWh/m²	kWh/año	kWh/m²	kWh/año
Calefacción	34,7	44412,6	30,6	39109,9
Refrigeración	0,0	0,0	0,0	0,0
ACS	0,0	0,0	0,0	0,0
Iluminación	93,1	119199,8	129,9	166299,5
Total	127,8	163612,4	160,5	205409,4

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Emisiones	kgCO2/m²	kgCO2/año	kgCO2/m²	kgCO2/año
Calefacción	7,0	8959,7	8,1	10383,5
Refrigeración	0,0	0,0	0,0	0,0
ACS	0,0	0,0	0,0	0,0
Iluminación	23,2	29719,8	32,4	41463,1
Total	30,2	38679,5	40,5	51846,6

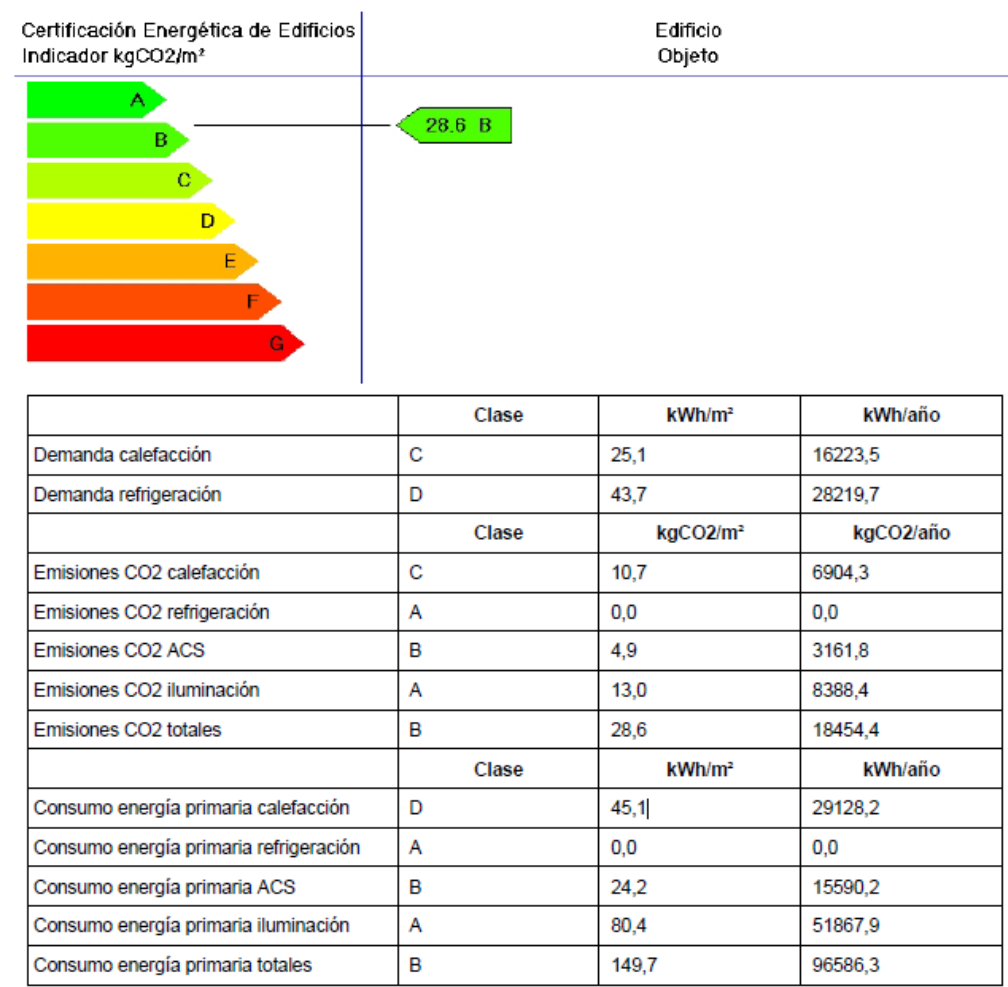
* Estas demandas son de energía sensible y no incluyen las debidas a la ventilación en los sistemas

Il·lustració 3.19: Resultats CALENER VYP, Edifici Principal (Font: Elaboració pròpia)

Els valors obtinguts representen la demanda teòrica de l'edifici, però els consums reals que hem obtingut són del total del CEIP Torre de la Llebre; per tant, haurem de sumar a la demanda de calefacció d'aquest edifici la que obtinguem de l'Edifici Annex, per valorar en quina mesura superem la demanda teòrica.

Edifici Annex

Afegim els sistemes de climatització i enllumenat a l'Edifici Annex i es calcula amb el CALENER VYP. En aquest edifici, a més de calefacció per radiadors, també hi posem l'equip d'ACS amb la demanda corresponent i els acumuladors que hi ha i la bomba de calor del gimnàs. Els resultats obtinguts són els següents:



II-lustració 3.20: Resultats CALENER VYP, Edifici Annex (Font: Elaboració pròpia)

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
* Demandas	kWh/m²	kWh/año	kWh/m²	kWh/año
Calefacción	25,1	16223,5	28,6	18458,0
Refrigeración	43,7	28219,7	35,2	22711,2

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Consumos Energía Final	kWh/m²	kWh/año	kWh/m²	kWh/año
Calefacción	23,8	15337,4	37,7	24294,6
Refrigeración	0,0	0,0	11,9	7656,5
ACS	19,3	12431,7	14,7	9472,1
Iluminación	30,9	19926,2	94,5	60959,3
Total	73,9	47695,3	158,7	102382,5

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Consumos Energía Primaria	kWh/m²	kWh/año	kWh/m²	kWh/año
Calefacción	45,1	29128,2	40,7	26262,4
Refrigeración	0,0	0,0	30,9	19929,8
ACS	19,5	12568,5	38,2	24656,0
Iluminación	80,4	51867,9	245,9	158677,1
Total	145,0	93564,6	355,7	229525,2

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Emisiones	kgCO2/m²	kgCO2/año	kgCO2/m²	kgCO2/año
Calefacción	10,7	6904,3	10,8	6972,5
Refrigeración	0,0	0,0	7,7	4969,1
ACS	3,9	2516,5	8,6	5553,7
Iluminación	20,0	12932,1	61,3	39562,6
Total	34,6	22352,9	88,4	57057,9

* Estas demandas son de energía sensible y no incluyen las debidas a la ventilación en los sistemas

II-lustració 3.20: Resultats CALENER VYP, Edifici Annex (Font: Elaboració pròpia)

En total, tenim que la demanda teòrica en calefacció del l'escola tenint en compte l'Edifici Principal i l'Annex, segons els resultats de CALENER VYP, és de 34,3 KW/m² per l'Edifici Principal i de 25,1 KW/m² a l'Edifici Annex.

El consum real calculat per a usos tèrmics en l'avaluació inicial es situava al 2012 en 99,8 KWh/m², dels quals, com veurem a l'anàlisi de consums, estimem que un 60% és per a l'ús de la calefacció; pels 1769,29 m² de superfície útil de l'escola, són 105945.08 KWh l'any destinats a la calefacció de mitjana. En front, tenim els KWh de demanda d'un i altre edifici que ha calculat el programa, els quals sumen 60114 KWh/any. Per tant dista bastant la demanda teòrica i el consum real que tenim.

La conclusió que se n'extreu d'aquesta dada no és que el sistema sigui ineficient, sinó que la gestió no és la adequada. Tant al programa LIDER com al CALENER VYP, s'especifica la intensitat d'ús dels espais, però com que la calefacció resta encesa més enllà de les hores en que s'usa l'edifici, el consum final es dispara fins als valors que s'han indicat. Per tant, s'haurà d'avaluar la gestió que es fa de la calefacció per trobar els desajustos que es produeixen.

3.3 ANÀLISI DEL FUNCIONAMENT

En l'apartat dedicat al seguiment de la gestió, hem reflectit la importància que té el funcionament i la gestió en qualsevol edifici per a que aquest sigui eficient. Sabent que l'escola s'ha beneficiat d'una reforma d'instal·lacions que han de permetre una millora en el confort i el consum, podem concloure que les causes dels alts consums tèrmics i elèctrics es deuen a un desajust en el funcionament i la gestió dels sistemes d'instal·lacions de l'escola. A continuació ens proposem analitzar els aspectes relacionats amb l'habitual ocupació del centre en una jornada normal, la gestió dels sistemes i si tot plegat aporta les condicions de confort per a poder dur a terme l'activitat per al qual estan destinats els edificis de l'escola.

3.3.1 Ocupació

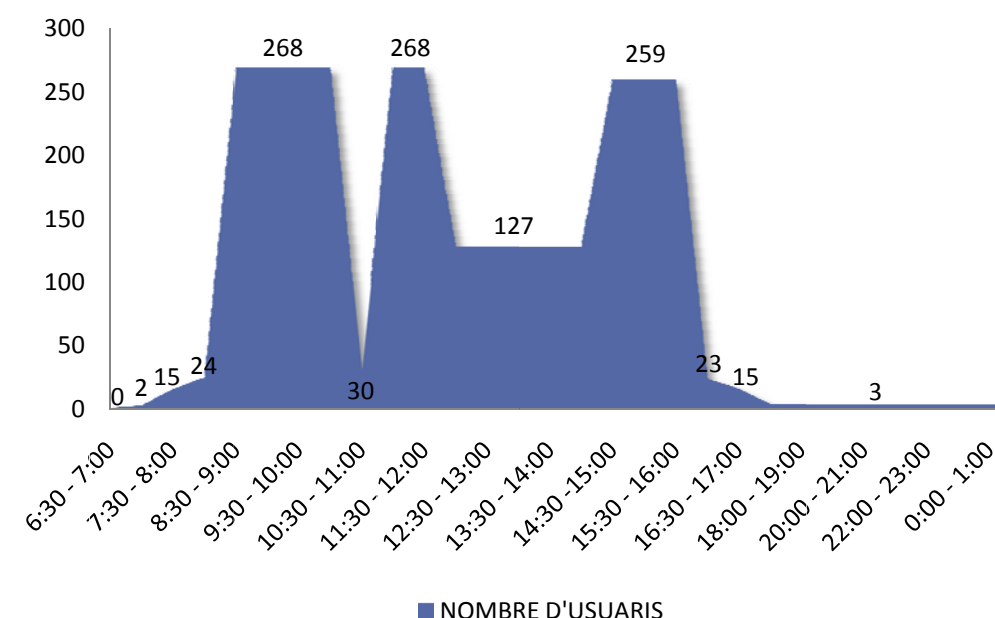
Com hem vist al apartat on s'ha definit el perfil d'ús i ocupació, tenim que el total dels usuaris de l'escola es reparteixen en els següents percentatges:

- Alumnat: 86,57%
- Personal Docent: 8,21%
- Personal No Docent: 0,75%
- Equip de Menjador: 3,36%
- Equip de Neteja: 1,12%

Al centre s'imparteix educació infantil i primària, tenint ambdós uns horaris similars, descrits al apartat 'perfil d'ús i ocupació' i que es resumeixen a continuació:

- Horari lectiu: de 8:30 a 12:00 hores i de 14:30 a 16:00 hores, amb mitja hora de pati de 10:30 a 11:00 hores
- Horari de tallers: de 12:00 a 13:00 hores, només per a primària
- Horari de menjador: de 12:00 a 13:00 hores per parvulari, i de 13:00 a 14:30 per a primària
- Extraescolars: de 16:00 a 17:00 hores. Bàsicament, és horari de repàs i cangur d'alguns pocs alumnes que es queden al centre.
- Horari de neteja: de 17:00 a 1:00 hores

El període de vacances és durant els mesos de juliol i agost al complet, part de juny i setembre, i durant la setmana santa i Nadal. També hi ha alguns dies festius a nivell nacional i local. En aquests períodes, l'escola resta totalment tancada; si bé al juliol hi ha casal d'estiu, no s'usen els espais interiors de l'escola, tot i sí es pot produir un cert consum d'aigua.



Gràfic 3.3: Ocupació de l'escola al llarg d'una jornada (Font: Elaboració pròpia)

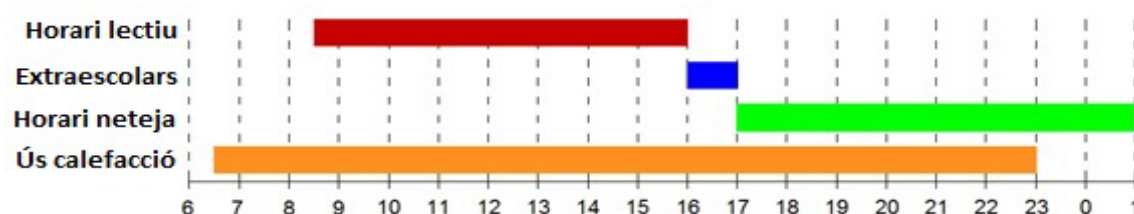
Com es pot apreciar al gràfic, l'escola comença a ocupar-se a partir de les 7:00 hores, i arriba a la màxima ocupació a les 8:30, quan tot l'alumnat comencen les classes i tots els professors i personal docent està a les aules o despatxos corresponents. A mig matí es buida pràcticament l'escola durant mitja hora, coincident amb l'hora del pati, i només segueixen en funcionament els despatxos. Torna a omplir-se durant la següent hora, fins que comença l'horari de menjador, en els que l'ocupació es centra a l'Edifici Annex i només aproximadament la meitat del total dels usuaris de l'escola, ja que molts alumnes no es queden a dinar. L'equip de menjador abandona el centre al finalitzar l'horari de menjador i l'ocupació torna a pujar l'última hora i mitja de l'horari lectiu. A partir de les 16:00 hores, es comença a buidar el centre fins que a les 17:00 hores queda únicament l'equip de neteja, que allargarà la seva tasca fins la 1:00.

És interessant conèixer l'ocupació real de l'escola per ajustar l'ús dels sistemes d'instal·lacions a aquesta ocupació. Les condicions de confort s'han de complir quan els espais de l'escola estan en ús, i amb aquest anàlisi podem veure en quins horaris serà necessari que els sistemes es posin en marxa, així com saber en quins moments en podem prescindir.

3.3.2 Gestió i manteniment

Ja hem vist que el principal factor que suscita l'alt consum en gas natural de l'escola és degut a un problema en la gestió. Si bé els sistemes instal·lats en la reforma d'instal·lacions que hem anat mencionant durant el projecte es consideren d'un nivell d'eficiència correcta, la gestió dels mateixos no s'ha ajustat fins ara, durant la realització d'aquest treball.

Si la demanda no s'ajusta al consum real és en gran mesura per les hores d'ús de la calefacció que, fins al present curs, era de 16 hores diàries. El següent gràfic de barres mostra els horaris principals d'ús i ocupació del centre al llarg d'una jornada:



Gràfic 3.4: Horaris de l'escola al llarg d'una jornada (Font: Elaboració pròpia)

Es pot apreciar que l'horari de neteja s'allarga pràcticament les mateixes hores que l'horari lectiu, si bé l'ocupació és ben diferent ja que l'horari lectiu és el de màxima ocupació i el de neteja és el de la mínima, amb només tres persones. La calefacció s'encén una mica abans de les 7:00 hores per tenir l'escola climatitzada a l'arribada dels alumnes, que suposen el gruix dels usuaris, però roman encesa més enllà de les 17:00 hores, quan el centre ha quedat pràcticament buit i l'ocupació és únicament la de l'equip de neteja. Finalment, la calefacció s'apaga a les 23:00 hores.

Com es veurà a l'apartat corresponent a l'anàlisi del consum de gas natural, s'estima que la mitjana mensual de consum de gas dedicat a la calefacció és de 10800 KW/h, considerant únicament els mesos de setembre a juny. Si tenim en compte que els caps de setmana no hi ha consum en calefacció, els 10800 KW/h es reparteixen en 24 dies al mes i 16 hores d'utilització diària. L'equip de neteja gaudeix de 6 hores de treball al dia amb la calefacció encesa de dilluns a divendres: això suposa un consum diari de 168,75 KWh al dia, 4050 KW/h al mes. Resumint, només en l'horari en què treballen les tres persones de l'equip de neteja es consumeix el 37,5% del total de gas natural anual destinat a calefacció.

Òbviament, no és admissible que en l'horari de mínima ocupació es produeixi un consum tant elevat de gas natural, i aquest factor fa desequilibrar la relació demanda teòrica-consum real i els costos econòmics i mediambientals associats. A més de ser impossible que solsament tres persones puguin aprofitar tanta energia en tants m², l'activitat que realitzen és físicament activa, fet que resta necessitat de calefacció, i les finestres resten obertes per a ventilar les aules després de l'ús de productes de neteja i permetre l'asseccament dels terres un cop fregats. Per tot això, aquest és el principal factor a corregir i on fem més incidència en aquest projecte, ja que té cost inicial 0 i uns elevats estalvis a tots els nivells i de forma immediata.

Si bé la gestió de la calefacció és el principal factor a tenir en compte, no podem oblidar que el consum de KW/h elèctrics supera també de manera important (32%) la mediana de consum per escoles, calculada en l'anàlisi inicial amb el comparador de consums de la Diputació de Barcelona. En l'apartat de l'anàlisi del consum elèctric es pot observar un gràfic que mostra el consum per hores durant una setmana; es pot comprovar que durant l'horari lectiu és quan hi ha el consum més elevat, tot i que segueix tenint un nivell important durant les hores de neteja del centre i es manté un cert consum durant el cap de setmana.

Aquest consum neix principalment de l'ús de la il·luminació artificial. En cap cas hi ha detectors de moviment a les zones comuns o lavabos, que permetrien reduir els consums associats a descuits o il·luminació d'espais buits. També s'ha de tenir en compte que en molts espais, com veurem en l'apartat següent, no es pot treballar sense llum artificial durant el dia, el que suposa moltes hores de consum per lluminàries.

En la reforma d'instal·lacions que es va dur a terme, es van situar els interruptors a una alçada prudent per evitar que els alumnes encenguin i apagui els llums per si mateixos, així que la responsabilitat d'apagar i encendre la il·luminació recau en els professors i personal no docent de l'escola. Tot i que, com es pot veure a l'apartat següent, alguns professors sí utilitzen la llum natural i miren de regular la temperatura a partir de les persianes, d'altres no ho fan i s'ha pogut comprovar en visites aleatòries al centre que en certes aules hi havia un ús innecessari de les lluminàries, així com espais buits amb la il·luminació encesa.

Actualment, l'escola està en supervisió per l'equip del projecte Euronet 50/50 que, en col·laboració amb l'Ajuntament de Rubí, està estudiant els consums de l'escola i aplicant mesures per a l'estalvi energètic i millora de l'eficiència energètica del centre. És difícil mencionar el manteniment dels sistemes que hi ha actualment, ja que s'han estat canviant els protocols de funcionament durant l'elaboració d'aquest projecte i ara mateix hi ha actuacions tècniques molt sovint per ajustar els sistemes instal·lats a les noves directrius. Seria interessant avaluar el progrés que puguin suposar les mesures que s'estan

prenent comparant-les amb les dades que s'exposen en aquest treball, i veure com s'organitza la gestió un cop es posi en pràctica la solució definitiva.

3.3.3 Condicions de confort

Com ja es va indicar en l'aixecament de dades, a l'apartat corresponent al seguiment de les condicions de confort, s'han emès unes enquestes per a rebre la valoració del confort tèrmic i lumínic que perceben els usuaris de l'escola (personal docent i no docent). Seria interessant estendre aquestes enquestes a l'alumnat ja que son el gruix d'ocupants de l'escola, però per raons lògiques d'edat dels alumnes no es farà.



Il·lustració 1.2: Ús dels fluorescents tot i tenir bona il·luminació natural. Aula Edifici Principal (Font: Fotografia pròpia)

Finalment, dotze persones han respòs a l'enquesta. Aquestes dades no seran definitives per a prendre mesures al respecte i, com ja hem comentat anteriorment, el més ideal seria contrastar-les amb dades objectives que es puguin obtenir a través d'aparells de mesurament com higròmetres o termòmetres. Els nivells lumínics, com ja hem vist, s'han pogut simular a través del programa DIALUX.

L'avantatge que obtenim amb aquestes enquestes és, a banda de saber la seva opinió en relació al confort tèrmic i lumínic, la de tenir l'oportunitat de veure els costums que tenen els usuaris en matèria de gestió i si utilitzen els recursos que tenen a l'abast per aconseguir el confort necessari, com poden ser la utilització de les persianes, l'obertura de les finestres, etc.

L'enquesta que s'ha repartit és la que es pot veure en la il·lustració següent, i es recullen totes a l'apartat corresponent dels annexos.

ENQUESTA AUDITORIA ENERGÈTICA – CEIP TORRE DE LA LLEBRE

CÀRREC		CLASSE (CURS) O DESPATX	
--------	--	-------------------------	--

MARQUI AMB UNA CREU LA OPCIO MÉS APROPIADA

1 - Als mesos de tardor-hivern, se sent confortable amb el nivell de climatització de les zones comuns (passadissos)? (1 = poc, 5 = molt)

1	2	3	4	5

2 - Als mesos de primavera-estiu? (1 = poc, 5 = molt)

1	2	3	4	5

3 - A la seva classe o despatx habitual, se sent confortable amb la climatització al hivern? (1 = poc, 5 = molt)

1	2	3	4	5

4 - A l'estiu? (1 = poc, 5 = molt)

1	2	3	4	5

5 - Hi ha elements de control de temperatura?

SI		NO	
----	--	----	--

6 - Regula vostè mateix la temperatura?

SI		NO	
----	--	----	--

8 - Obre les finestres per regular la temperatura?

SI		NO	
----	--	----	--

9 - I amb la calefacció funcionant?

SI		NO	
----	--	----	--

10 - Utilitza les persianes per regular la temperatura?

SI		NO	
----	--	----	--

11 - La il·luminació de l'aula/despatx és adequada per treballar? (1 = insuficient, 5 = excessiva)

1	2	3	4	5

12 - Té control sobre la il·luminació (regulació, encesa per trams...)?

SI		NO	
----	--	----	--

13 - Durant el dia pot treballar sense llum artificial?

SI		NO	
----	--	----	--

Els resultats obtinguts són variables i totalment subjectius segons la percepció de cada usuari, per la qual cosa no els podem considerar definitius tot i que ens poden ajudar molt a descobrir els punts febles. Els següents punts resumeixen els resultats que s'han obtingut:

- En general, hi ha més percepció de confort tèrmic als mesos de tardor-hivern que als mesos d'estiu, per la qual cosa podem valorar positivament el funcionament del sistema de calefacció
- Els usuaris que tenen el seu despatx o aula habitual a la zona sud de l'edifici, tenen més desconfort als mesos de primavera-estiu que els de la zona nord, però els que habitualment treballen a la part nord no senyalen especialment que als mesos de tardor-hivern tinguin desconfort. Per tant, podem concloure que en línies generals, a la zona nord hi ha un confort tèrmic més constant durant l'any.
- En les preguntes referents a la gestió s'obtenen resultats diferents. Si bé no hi ha elements de regulació de la temperatura a les aules i despatxos (només hi ha un termòstat per planta), algun usuari respon que tanca o obre els radiadors per regular la temperatura de l'aula.
- Les persianes i cortines no són utilitzades per tothom per mirar de regular la temperatura de l'aula o despatx
- Gairebé totes les respostes valoren positivament el nivell d'il·luminació de l'aula o despatx i la consideren adequada per treballar.
- Els usuaris que treballen a la part nord de l'edifici, en general indiquen que no poden treballar sense llum artificial durant el dia. Sí és així en les aules orientades a sud, tot i que en algun cas s'indica que molesta l'enlluernament solar.

3.4 ANÀLISI DELS CONSUMS

A continuació es procedeix a l'anàlisi els consums de recursos que té l'escola, a partir de les dades reals de consum obtingudes i comentades a l'apartat 2.2.1 Seguiment del consum.

S'ha pogut tenir accés a les dades de consum des de l'any 2009 fins al 2013, per la qual cosa podem fer-nos una idea prou clara de l'evolució del consum de recursos de l'escola i veure en quins recursos es distancia el consum real de la demanda teòrica.

Totes les dades de consum son del conjunt dels dos edificis de l'escola. Si bé seria interessant poder esbrinar el consum de cada edifici per separat ja que facilitaria trobar els punts on s'accentua el consum, no tindrem dades reals tot i que es podrà fer una estimació.

3.4.1 Electricitat

Com s'ha comentat a l'apartat del seguiment del consum, el l'Escola Torre de la Llebre té una potencia instal·lada de 61,1 KW, i la potència contractada es de 50 KW. Principalment el consum actiu radica en

la il·luminació dels espais, ja que els equips electrònics (projectors, impressores, fotocopiadores, ordinadors...) tenen un ús molt més puntual. Tot i així, aquests aparells electrònics tindran un consum en 'stand by' sobre el que s'haurà de tenir un control, ja que a la llarga pot suposar un consum notable.

Per a l'anàlisi del consum elèctric, cal tenir en compte en quines hores es produeix principalment el consum. Per a tal fi, es interessant observar els gràfics de consum en les diferents franges horàries que, segons l'estructura del sistema de tarifes per a potències superiors a 15 KW, es divideix en tres períodes tarifaris al dia: punta, pla i vall.

Zona	Invierno			Verano		
	Punta	Llano	Valle	Punta	Llano	Valle
Península	18-22 h.	8-18 h. 22-24 h.	0- 8 h.	11- 15 h.	8- 11 h. 15- 24 h.	0- 8 h.

Taula 3.10: Estructura de tarifes per discriminació horària (Font: www.minetur.gob.es)

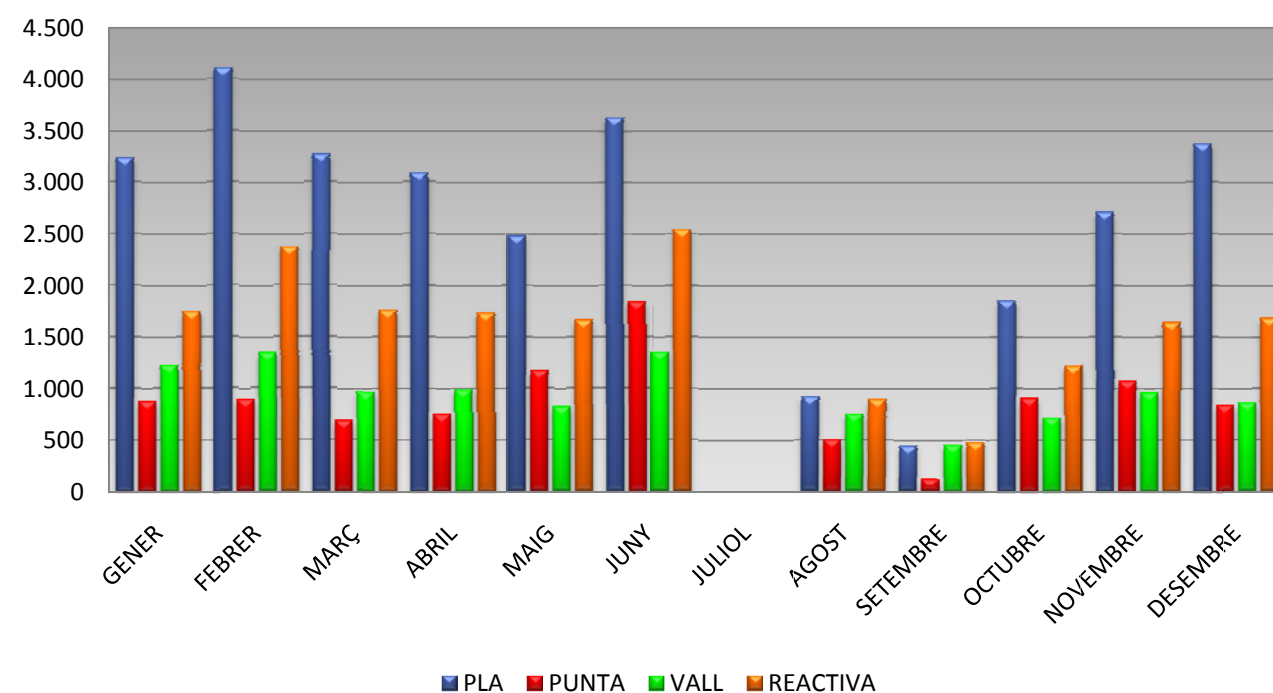
A més a més, hem de tenir en compte l'energia reactiva que es produeix en la instal·lació elèctrica. L'energia reactiva és la demanda extra d'energia que necessiten alguns equips de caràcter inductiu per al seu funcionament, com puguin ser motors, transformadors o lluminàries. Aquesta demanda 'extra' descompensa la instal·lació elèctrica i es suma al consum elèctric de l'edifici, juntament amb l'energia activa, i es reflexa òbviament a la factura.

La taula i el gràfic de consum pla, punta, vall i energia reactiva que es mostren a continuació corresponen a les dades de consum en KW/h del 2013, que són les que s'han pogut aconseguir amb aquest grau de detall.

	PLA	PUNTA	VALL	REACTIVA
GENER	3.235	877	1.227	1.746
FEBRER	4104	889	1342	2371
MARÇ	3268	685	966	1759
ABRIL	3088	754	991	1731
MAIG	2483	1176	821	1665
JUNY	3634	1843	1352	2544
JULIOL	0	0	0	0
AGOST	926	505	756	898
SETEMBRE	440	116	454	480
OCTUBRE	1855	909	719	1222
NOVEMBRE	2710	1073	962	1641
DESEMBRE	3372	839	862	1689

Taula 3.2: Consum KW/h d'energia elèctrica en pla, punta, vall i reactiva durant any 2013 (Font: Dades facilitades per l'Ajuntament de Rubí)

Consum Elèctric en KW/h per discriminació horària: Pla, Punta, Vall i Reactiva



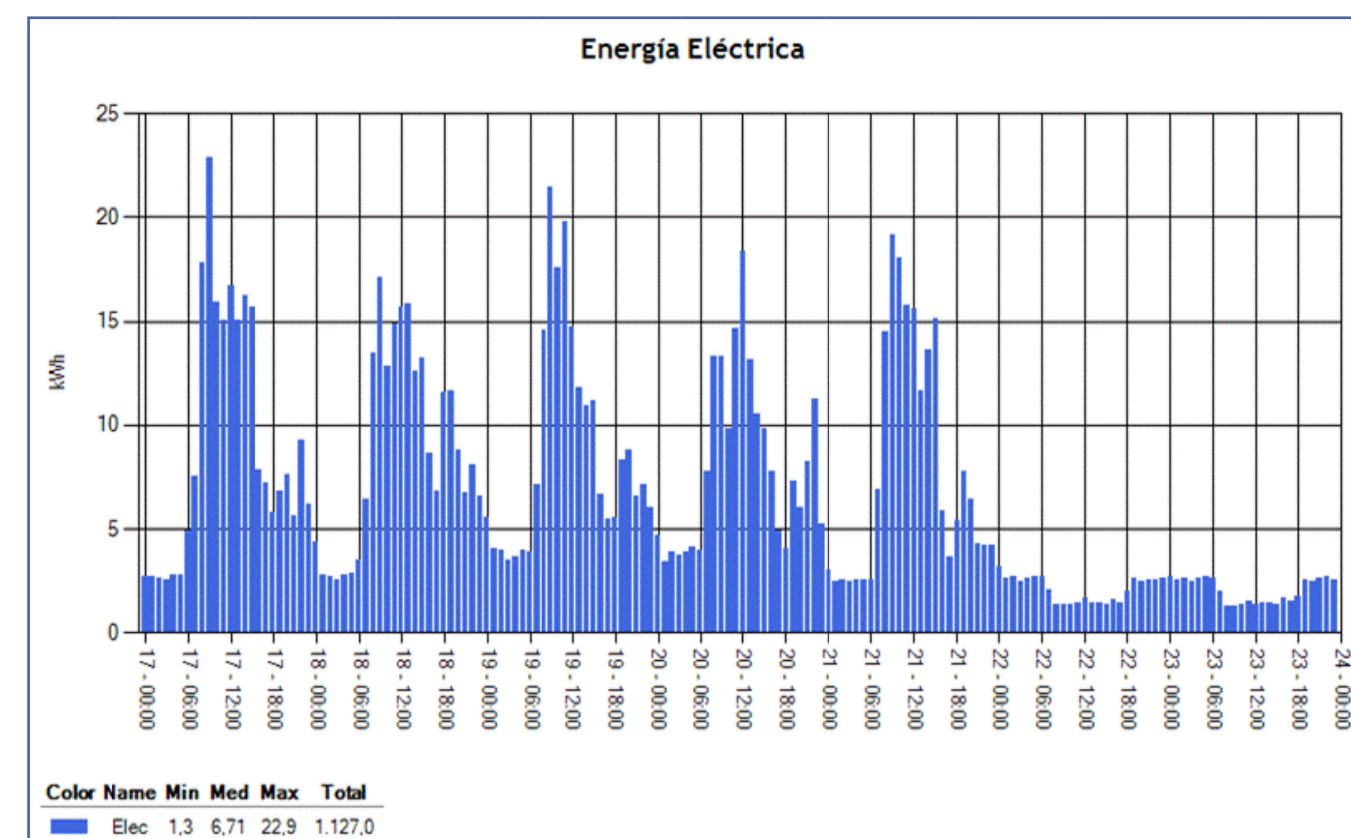
Gràfic 3.1: Consum KW/h d'energia elèctrica en pla, punta, vall i reactiva durant any 2013 (Font: Elaboració pròpia, dades facilitades per l'Ajuntament de Rubí)

Com és normal, el consum en pla és el més elevat ja que coincideix amb l'horari lectiu de l'escola. També s'observa un consum força elevat en l'horari nocturn de vall, que pot venir per els equips que resten en 'stand by' o il·luminació exterior que resta encesa. El consum en punta als mesos d'hivern es pot atribuir a la il·luminació que utilitza l'equip de neteja per a realitzar la seva tasca, sumat als equips que continuen funcionant durant la nit.

També es pot veure que hi ha un consum d'energia reactiva força elevat en alguns mesos. La companyia subministradora penalitza aquest consum i es reflecteix a la factura quan aquesta supera un 33% respecte l'energia activa en punta i pla. Si bé no hem pogut diferenciar quin percentatge és consumit en cada franja horària, s'ha de vigilar aquest factor i buscar mètodes que eliminin o disminueixin per evitar que es reflecteixi a la factura un consum que no és utilitzat de manera activa.

Actualment, l'escola està monitoritzada per avaluar-ne les deficiències energètiques i aplicar les millores que siguin oportunes. D'aquesta manera, s'ha pogut obtenir unes gràfiques de consum elèctric

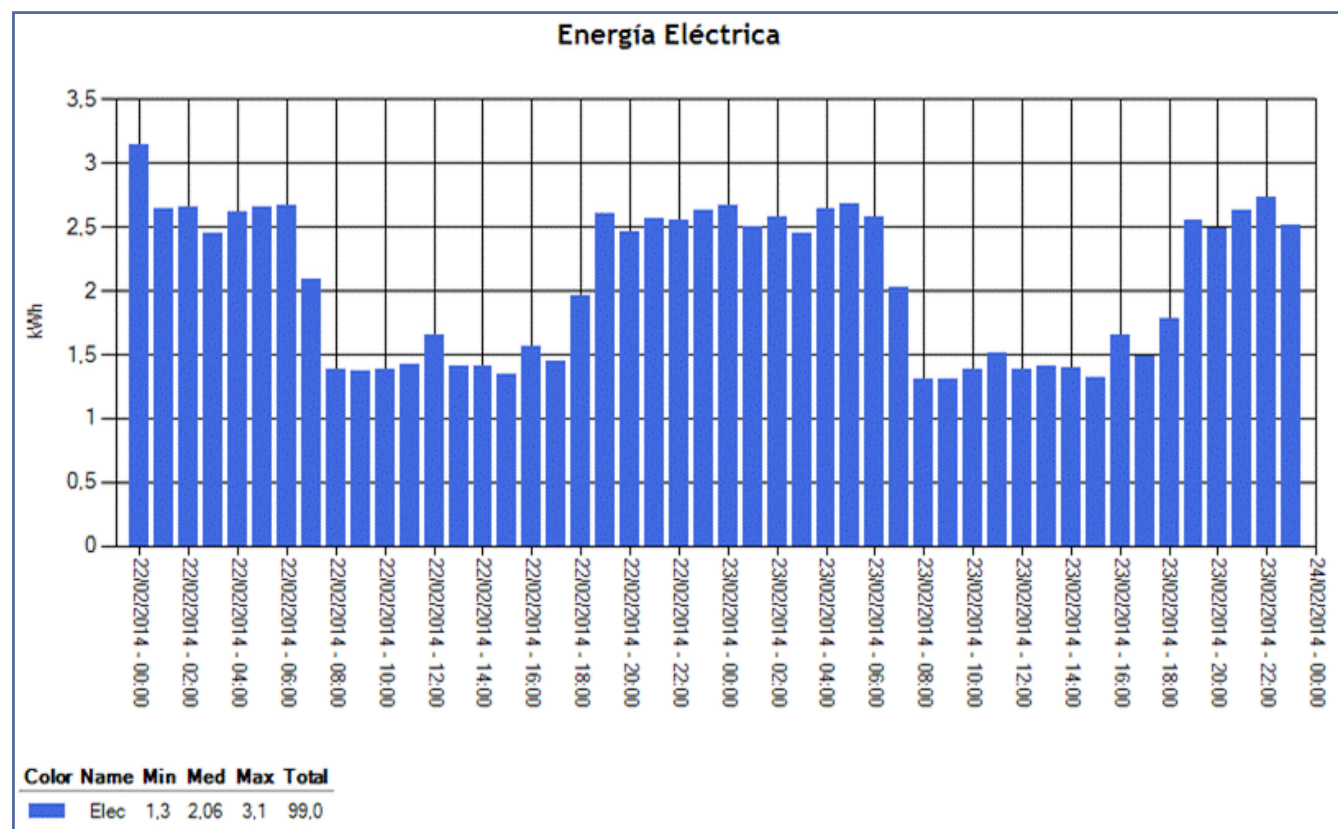
real en KW/h durant una setmana més el cap de setmana, per analitzar què succeeix de forma més precisa. Els gràfics següents corresponen a la setmana del 17 al 23 de febrer del present any 2014.



Gràfic 3.1: Consum real d'energia elèctrica durant la setmana del 17 al 23 de febrer de 2014 (Font: Gràfics proporcionats per l'Ajuntament de Rubí)

Durant els dies entre setmana, s'aprecien les puntes màximes de consum a les primeres hores de classe, entre les 8:00 i les 11:00 hores, coincidint amb els horaris de màxima ocupació del centre. Tant el cap de setmana com entre setmana, hi ha de base un consum entre 2 i 3 KW, que pot correspondre al consum dels aparells que resten en 'stand by', a la llum artificial exterior que queda encesa o al acumulador elèctric dels lavabos de P3.

També podem veure que, tot i acabar les classes a les 16:00 hores i quedar l'escola pràcticament buida a les 17:00 hores, entre les 17:00 i les 00:00 hores segueix existint un consum força elevat. Aquest consum correspon a l'equip de neteja, format per tres persones, que allarga la seva tasca fins la 1:00.



Gràfic 3.1: Consum real d'energia elèctrica durant el cap de setmana del 22 i 23 de febrer de 2014 (Font: Gràfics proporcionats per l'Ajuntament de Rubí)

3.4.2 Aigua

Ja hem vist a l'apartat corresponent al seguiment del consum les dades de consum mitjà durant el període entre el 2009 i el 2013. Els consums que es poden observar als annexos corresponents al curs 2012-2013 es desestimen ja que s'observen uns pics molt elevats, provocats per una fuga que es va produir. De totes maneres, el consum mitjà dels tres anys anteriors es de 3168 m³, un consum força elevat donat que és una escola més aviat petita en superfície i nombre d'usuaris.

Per tenir una referència, s'han consultat altres TFG dedicats a l'avaluació energètica d'escoles, en els quals podem veure dades de consums d'aigua. Per exemple, el projecte realitzat per Edgar Jiménez Del Amo *Rehabilitación Energética en el CEIP General Prim con estudio exergético* hi ha una ocupació entre alumnes i professorat de aproximadament el doble que a l'escola CEIP Torre de la Llebre, però el consum en m³ d'aigua anuals és inferior als 3000.

Si prenem com a referència aquesta dada, conclouríem que la nostra l'escola té un consum d'aigua elevat. Tot i així, el CEIP Torre de la Llebre té dutxes als vestidors, fet que el diferencia del CEIP

General Prim esmentat abans. Segons s'especifica al DB-HE 4 del CTE, per al càlcul de la contribució solar mínima d'ACS s'estableix que la demanda de referència per a escoles amb dutxa es de 21 L per persona al dia, que multiplicat pel nombre total d'usuaris de l'escola (268 usuaris, tot i que no tots utilitzaran les dutxes i no diàriament) serien 7728 L diaris. A l'any (considerant un any natural de 365 dies), representen 2820 m³, que no disten tant dels 3168 m³ que es consumeixen anualment de mitjana, ja que hem de considerar que també hi ha consum d'aigua freda als inodors i l'aigua utilitzada per la cuina i la neteja. A les aixetes, hi tenim tant aigua calenta com freda en algunes, tot i que la majoria consumeixen únicament aigua freda.

Igualment, tot i que l'escola compta amb temporitzadors a totes les aixetes i el seu funcionament es pot considerar correcte, la majoria dels inodors són de única descàrrega i es pot tenir cert potencial d'estalvi canviant-los per uns de doble descàrrega o limitant-la.

3.4.3 Gas Natural

La mitjana de gas natural consumit cada curs escolar entre els cursos 2009-2010 i 2012-2013 ascendeix fins als 18775 Nm³, que són 200997,64 KW/h. El consum de gas natural és el principal recurs consumit a l'escola, ja que representa el 77% del total de KW/h que es consumeixen al centre.

Com ja hem comentat anteriorment, el consum de gas natural es divideix en les dues calderes que hi ha a l'escola, una per a la calefacció i l'altre destinada a la producció de ACS, tot i que l'ACS que produeix la segona caldera també es destina a la climatització del gimnàs. També hem de tenir en compte que la cuina també consumeix gas, si bé en proporcions més baixes respecte els demés usos.

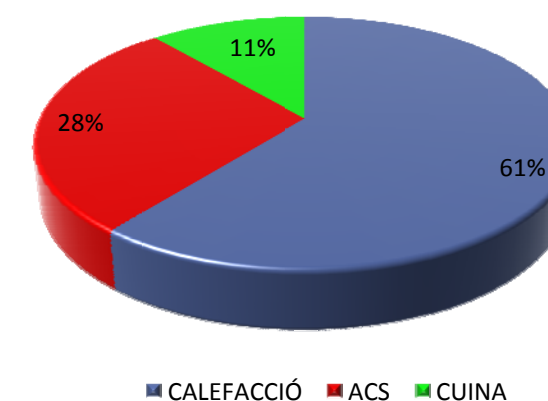
Per mirar de fer un anàlisi més detallat del consum de gas natural, és apropiat mirar de fer una estimació de quina proporció es consumeix en cada ús. Com que no tenim dades de consum de calefacció, ACS i cuina per separat, s'observen les dades de consum exposades a l'apartat del seguiment del consum i es fa una estimació aproximada. Així doncs, analitzem les dades i observem que:

- Als mesos d'octubre i juny, s'observa un consum mitjà de gas natural similar. Essent uns mesos en què la calefacció resta tancada, ja que les temperatures exteriors no en requereixen l'encesa, podem concloure que aquest consum recau en la cuina i la producció d'ACS. La mitjana de consum d'aquests mesos és de 250 Nm³ (2676,4 KW/h)
- De totes maneres, els mesos d'octubre i juny seran uns mesos en què el consum d'ACS no serà massa elevat, i possiblement no representi la mitjana de consum anual.

- La mitjana de consum de gas entre els mesos de gener, febrer i març, que són els mesos on hi ha més consum de gas natural, és de 3695 Nm³ (39553,62 KW/h).
- Segons el CTE, per al càlcul de la demanda d'ACS es preveu un consum de 21 L per persona al dia a 60 °C per a escoles amb dutxa. Això suposa, pels 268 usuaris de l'escola, 168,84 m³ al mes (30 dies).
- Per escalfar 1 m³ d'aigua amb un salt tèrmic de 48 °C (calculat de 12 °C de la temperatura de red a 60 °C de la temperatura al acumulador), es necessiten 48000 Kcal. Suposant que tenim un consum màxim de 200 m³ d'ACS mensuals als mesos més exigents d'hivern, són necessàries 9600 · 10³ Kcal.
- Si un m³ de gas natural equival a 9300 Kcal, es consumiran 1032,25 Nm³ de gas natural al mes, que són 11050,94 KW/h. Fent una ponderació aproximada entre aquest valor als mesos d'hivern (desembre, gener, febrer i març) i 50 Nm³ (535,28 KW/h) als demés mesos, obtenim un consum mitjà mensual de 5000 KW/h, en els 10 mesos de curs escolar.
- Considerant només els mesos del curs escolar (10 mesos), suposem que la cuina consumirà 200 Nm³ (2141,12 KW/h, considerarem 2000 KW/h) al mes, de mitjana. L'ACS serà 5000 KW/h mensuals.
- El consum de gas natural, com podem veure al gràfic exposat al seguiment del consum, és de 200997,64 KW/h de mitjana entre anual, considerats des del 2009 al 2013. Si li restem els consums residuals de juliol i agost, que no tindrem en compte per aquest càlcul aproximat, tenim uns 17800 KW/h de consum mitjà de gas natural al mes.
- Restant al total (17800 KW/h al mes) els consums mensuals de gas per a l'ACS i la cuina, tenim que en calefacció es consumiran 10800 KW/h al mes.

Aquests càlculs són totalment aproximats i no s'ajusten a la realitat. A més, hem de tenir en compte que cada mes els consums són diferents i depenen de moltes variables, i cada any les condicions climatològiques poden canviar i tenir temperatures exteriors més o menys extremes. Tot i així, ens aproximem a fer-nos una idea de com es consumeix el gas natural a l'escola i en quina proporció per a cada finalitat. Amb les dades obtingudes, elaborem el següent gràfic:

Consum aproximat de KW/h de gas natural al mes

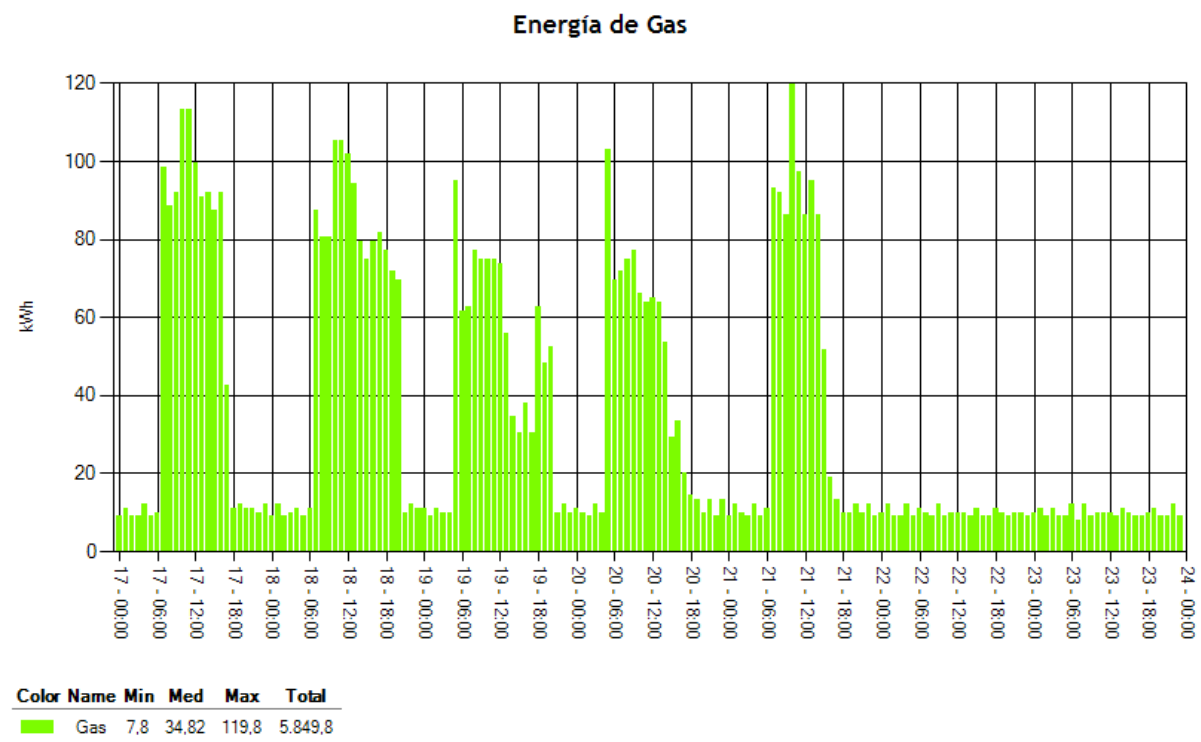


Gràfic1.2: Consum aproximat de gas natural al mes, amb les dades de consum des del curs 2009-2010 al 2012-2013 (Font: Elaboració pròpia)

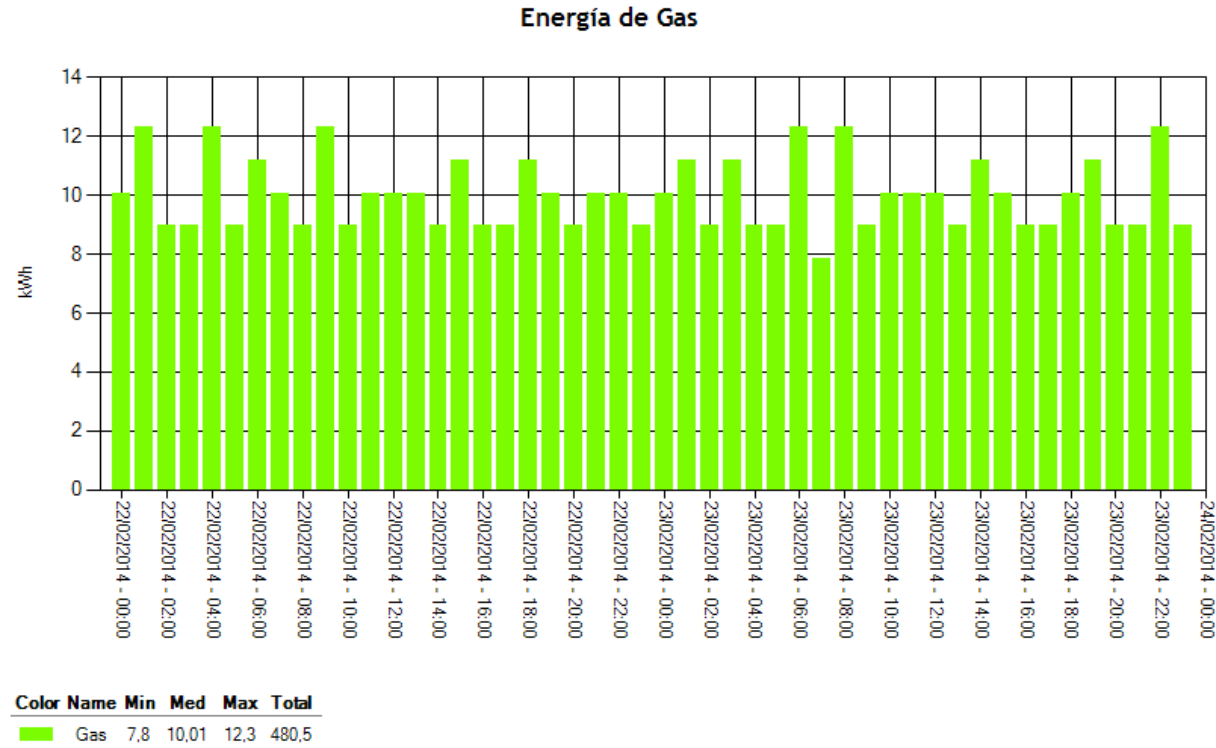
Comprovem doncs que el consum destinat a la calefacció de l'escola és el més destacat de tots els consums de recursos que hi ha al centre. Com ja hem comentat al llarg del projecte, incidir en la gestió de la calefacció és primordial, ja que és on hi ha el potencial d'estalvi més elevat i tenint en compte que els elements de la instal·lació són nous i funcionen de manera idònia.

Hem vist a l'apartat dedicat a l'anàlisi de la gestió que és en la pròpia gestió on hi ha el problema de l'alt consum tèrmic de l'escola. Donat el fet que el CEIP Torre de la Llebre ja està en vies de millora de l'eficiència energètica i té un equip dedicat a trobar les solucions per reduir consums i despeses, durant l'elaboració d'aquest projecte l'equip encarregat ha trobat aquest problema i s'ha canviat el protocol de funcionament de la calefacció i es segueix ajustant segons uns criteris més adients. Serà interessant, doncs, comparar els consums que estan recollits en aquest projecte i comparar-los amb les factures de l'any vinent, així com el recull de mesures que s'estan estudiant i aplicant a la gestió de la calefacció.

En última instància, hem pogut aconseguir dades del monitoratge que es du a terme a l'escola, amb les dades de consum a temps real durant la mateixa setmana dels gràfics d'electricitat, del 17 al 23 de febrer del 2014. Podem veure que el consum de gas a partir de les 18:00 hores baixa fins al mínim constant, ja que és quan s'apaga la calefacció amb el protocol actual. El consum del cap de setmana i durant la nit correspon al necessari per mantenir l'aigua calenta als acumuladors.



Gràfic 3.1: Consum real de gas natural durant la setmana del 17 al 23 de febrer de 2014 (Font: Gràfics proporcionats per l'Ajuntament de Rubí)



Gràfic 3.1: Consum real de gas natural durant el cap de setmana del 22 i 23 de febrer de 2014 (Font: Gràfics proporcionats per l'Ajuntament de Rubí)

4. FASE 3: DIAGNOSI I LÍNIES D'ACTUACIÓ

La fase que ens ocupa a continuació pretén resumir les deficiències que hem analitzat i avaluat durant el projecte, i proposar les línies d'actuació que s'estimin oportunes. Principalment, ens decantarem més a buscar solucions a cost 0 o baix cost que d'altres que impliquin un cost econòmic elevat. Com que ens trobem que l'escola CEIP Torre de la Llebre està immersa en un procés d'anàlisi i millora de l'eficiència energètica i de reducció de consums, algunes línies d'actuació que es preveien ja s'han dut a terme o estan en procés.

4.1 DIAGNOSI

La diagnosi agrupa totes les deficiències que s'han observat durant l'elaboració del treball. Ens servirà per, posteriorment, proposar les línies d'actuació que es considerin més oportunes per minimitzar aquestes deficiències i per aproximar el consum real de l'edifici al teòric, a més de reduir el consum de recursos actual i el cost econòmic que comporta.

Transmitància de murs exteriors i cobertes

Hem observat tant en l'aixecament de dades de la construcció de l'escola com a l'apartat d'anàlisi de la demanda que els valors de transmitància tèrmica, especialment a l'Edifici Principal, no compleixen els valors límit que marca el CTE, i en ocasions es superen de forma dràstica. La part antiga de l'Edifici Principal és la més desfavorable en aquest sentit, amb transmitàncies de fins a 2,25 W/m²K quan el límit indicat al Codi Tècnic és de 0,73 W/m²K. Aquests valors condicionen la demanda en calefacció de l'edifici, que supera en més del 50% la teòrica calculada amb el programa informàtic LIDER, si bé en refrigeració són favorables. Per tant, al hivern es perd una quantitat de calor molt elevada per transmitància, tot i tenir un sistema de calefacció amb un bon rendiment.

A l'Edifici Annex, en canvi, trobem que els valors compleixen els paràmetres establerts al CTE, exceptuant la coberta que no ho fa tot i que per molt poc. Tot i que aquest fet provoca que l'Edifici Annex, segons els resultats obtinguts amb el LIDER, tingui una demanda en refrigeració superior a l'edifici de referència, la demanda en calefacció és inferior en un 12%.

No es consideren les transmitàncies tèrmiques dels paraments interiors dels corresponents edificis, que tot i se n'ha estudiat la composició i comportament, no suposen una millora important donat el fet que tots els espais dels dos edificis estan calefactats.

Transmitància de obertures a façana

En la mateixa línia que la que s'ha exposat en el punt anterior, també obtenim uns nivells de transmitància elevats a les obertures de les façanes, també especialment a l'Edifici Principal on la qualitat i tipologia d'aquestes és pitjor que les que es troben a l'Edifici Annex; a més, l'Edifici Principal té un percentatge d'obertures molt més elevat que l'Edifici Annex.

És interessant plantejar la substitució i millora de les obertures, ja que suposen aproximadament un 30% de la superfície en les façanes principals (nord i sud) de l'Edifici Principal, i aplicar aquesta mesura no suposa un canvi en l'aspecte exterior o interior de l'edifici i sí una millora energètica important.

Sistemes

Tenint en compte que la reforma d'instal·lacions es va realitzar a l'any 2009, s'entén que els sistemes d'instal·lacions de l'edifici funcionen de forma correcta i tots ells estan conformes a la normativa en gran part, si bé en l'apartat lumínic podem estudiar la reducció del consum garantint les condicions de confort. Com es pot veure a l'apartat d'anàlisi del confort, els usuaris tenen en general un confort tèrmic durant els mesos d'hivern, i no tant durant l'estiu; amb aquesta dada podem resoldre que el sistema de calefacció té una bona resposta, però al no existir refrigeració el confort baixa a l'estiu ja que hi fa calor, en especial a l'Edifici Annex.

Calefacció: Tot i la instal·lació de termòstats per regular i controlar la temperatura, aquests només permeten el imprimir una temperatura a tota la planta i estan situats als passadissos de cada planta. Tot i que podem considerar-lo el lloc més adequat per instal·lar-los, no ens permeten controlar la temperatura per espais i d'aquesta manera es poden produir desconforts en alguns punts de l'edifici, ja que tindrem diferents graus de irradiació solar depenent de la zona.

El sistema de calefacció té un rendiment bo, ja que la caldera de baixa temperatura no té més de 3 anys i el seu rendiment nominal es de 0,95. En aquest sentit, no es proposen canvis en la pròpia instal·lació i optem per promoure una millor gestió. Com veurem més endavant, alguns usuaris de l'escola fan un ús adequat de la calefacció i tanquen o obren els radiadors per ajustar la temperatura,

no obrint les finestres. En les línies d'actuació, es proposarà la millora de l'aprofitament de la calor que proporcionen aquests radiadors.

Enllumenat: En línies generals, l'enllumenat de l'Edifici Principal és adequat i compleix els valors que marca el CTE i la normativa UNE EN 12464-1. Ja hem vist que el sistema d'il·luminació d'aquest edifici va ser remodelat gairebé totalment a la reforma d'instal·lacions duta a terme al 2009. A l'Edifici Annex, si bé les làmpades són més eficients, es poden aconseguir els nivells lumínics que estableixen normativa i Codi Tècnic amb una potència menor o limitant l'ús de fluorescents.

S'estudiarà a les línies d'actuació la retirada de part de fluorescents garantint una il·luminació de confort. Les línies a seguir seran sobretot sobre la gestió en l'ús de les lluminàries, i la única proposta que en resulta de l'anàlisi del sistema d'electricitat i del consum serà el de reduir el consum en energia reactiva que s'ha vist a l'apartat d'anàlisi de consums

Aigua Calenta Sanitària: Analitzant el funcionament de les aixetes, no es proposa el canvi en cap cas ja que la millora que es pot obtenir és molt baixa per l'alt cost inicial. Les aixetes tipus PRESTO que hi ha instal·lades funcionen de forma correcta a l'Edifici Principal, i a l'Edifici Annex també tant a les aixetes com a les dutxes dels vestidors, les quals (tant aixetes com dutxes) tenen la possibilitat d'aigua freda i aigua calenta. Als inodors sí ens podem plantejar el canvi o la millora, ja que són d'una única descàrrega i es perden molts litres en cada una. Com als punts anteriors, la gestió de l'aigua i el bon ús serà també part important.

Pel què fa a la caldera, és una caldera tipus convencional amb un rendiment una mica just. Es pot considerar el canvi per una altra de condensació, considerades d'alta eficiència, i s'obtidrien guanys en consum de gas natural.

Ús i Gestió

La diagnosi que resulta de l'avaluació de l'escola CEIP Torre de la Llebre que s'ha dut a terme evidencia greus defectes en la gestió de recursos.

Si bé no hem trobat evidències de malbaratament d'aigua, podem considerar la sensibilització per part del professorat o a través de cartells recordatoris per fer un ús adient de l'aigua. En il·luminació, s'ha comprovat en diverses visites aleatòries al centre que en ocasions es produeix un mal ús de la il·luminació, ja que resta encesa en espais buits o s'utilitza en aules o espais amb suficient llum natural.

Però el defecte més accentuat en matèria d'ús i gestió és la del protocol d'utilització de la calefacció que s'ha mantingut fins al present any. Com ja hem indicat en l'anàlisi de la gestió, la calefacció restava encesa un cop acabades les classes durant 7 hores més, i els únics usuaris que ocupaven els 1769,27 m² de l'escola a partir de les 17:00 hores eren les tres persones que formen l'equip de neteja. Això suposa que el 37,5% de la calefacció anual era consumida durant l'horari de neteja.

Sortosament, aquest defecte ha estat corregit per l'equip responsable que s'encarrega de l'anàlisi i millora del centre, corresponent al projecte Euronet 50/50 en el que s'ha inclòs l'Ajuntament de Rubí.

4.2 LÍNIES D'ACTUACIÓ

Un cop realitzada la diagnosi amb les deficiències que s'han trobat al centre escolar, ens proposem les línies d'actuació a seguir per reduir els consums i costos econòmics que pateix actualment el CEIP torre de la Llebre, tenint en compte el cost econòmic aproximat de cada actuació. En aquest sentit, com ja hem mencionat anteriorment, es buscaran solucions a cost 0 i es promourà la correcta gestió, de manera preferent a solucions que comportin inversió econòmica important.

Les línies previstes s'han agrupat en tres grups d'actuació: sobre l'envoltant, sobre les instal·lacions i sobre la gestió de recursos.

4.2.1 Actuacions sobre l'envoltant

Les actuacions que s'emmarquen sota aquest títol són aquelles encarades a millorar les condicions de l'arquitectura i la construcció, especialment als paraments que estan en contacte amb l'exterior ja que és on es produeix l'intercanvi tèrmic i el que condiciona la demanda tèrmica.

Hem vist que a l'Edifici Principal hi ha punts amb una transmitància tèrmica molt elevada, fet que provoca que obtinguem una alta demanda en calefacció. Si bé la incorporació d'algun tipus d'aïllament per l'exterior és la solució més efectiva per millorar les transmitàncies tèrmiques dels murs exteriors i eliminar tots els ponts tèrmics que tenim, es descarta aquest tipus d'actuació ja que la part antiga de l'edifici és part del patrimoni arquitectònic de Rubí. A l'Edifici Annex, no serà necessària cap actuació sobre l'envoltant ja que hi ha una bona resposta envers la demanda de calefacció.

En canvi, una línia d'actuació sobre l'envoltant pot ésser la substitució dels vidres i marcs de les obertures actuals, ja que representen un percentatge important sobre la superfície total en façana i la

reducció en demanda i consum de gas natural per a calefacció que es pot aconseguir és notable. D'aquesta manera, no comprometem l'aspecte actual de l'escola però en millorem l'envoltant.

d'agrupar l'ús de l'aula i coordinar horaris és una opció a tenir en compte. Aquestes actuacions tenen un cost 0 en la seva major part, i la millora en consum energètic i cost econòmic és immediata.

4.2.2 Actuacions sobre les instal·lacions

Aquí s'agrupen totes les actuacions que tenen a veure amb els sistemes d'instal·lacions de l'escola per millorar el seu funcionament i eficiència.

Amb totes les dades que hem vist, considerem els sistemes actuals prou òptims per a l'escola. A més, a l'Edifici Annex hi ha hagut diverses problemàtiques en matèria d'instal·lacions, amb un sòl radiant instal·lat que mai a funcionat bé, i la posterior retirada de tota la instal·lació de fan-coils pels actuals radiadors.

Afegir noves actuacions que impliquin canvi de sistemes sumaria encara més despeses pel centre a les que ja ha tingut fins ara. Tot i així, es plantejarà la substitució de la caldera actual d'ACS per una de condensació, força més eficient i amb un rendiment superior, així com la possibilitat de recuperar les plaques solars que anteriorment hi havia instal·lades a l'escola i que van ser retirades.

També s'analitzarà la possibilitat de retirar fluorescents d'algunes aules mantenint les condicions de confort lumínic, així com la de canviar els equips d'alguns espais per d'altres amb una potència més ajustada. Els espais analitzats que no compleixin amb els paràmetres marcats al CTE i la norma UNE EN 12464-1, s'estudiarà la manera de ajustar-s'hi. Seguint amb la instal·lació elèctrica, es proposarà la implantació d'un sistema que eviti o redueixi el consum d'energia reactiva.

4.2.3 Actuacions sobre la gestió de recursos

En aquest punt es reuneixen les actuacions que tenen a veure amb la ocupació, ús dels espais, funcionament i gestió dels recursos energètics dels edificis de l'escola.

Ja hem comentat en diversos punts d'aquest treball que aquest apartat serà el que pren més importància, especialment observant el protocol d'ús de la calefacció. La sensibilització sobre l'ús de l'enllumenat també és part important donades les dades de confort lumínic procedent de la llum natural que tenim en molts espais del centre, i evitar mantenir les lluminàries enceses en espais buits.

L'elaboració d'uns horaris que permetin un ús més continuat de les aules també pot contribuir a reduir costos, especialment a les aules específiques on l'ús per cada curs és puntual durant la setmana; mirar

5. FASE 4:PROPOSTES D'INTERVENCIÓ

Com a última fase de l'avaluació energètica del CEIP Torre de la Llebre, es proposen les intervencions que s'estimen més adequades per a la reducció de consums i estalvi energètic i mediambiental, reduint emissions de CO₂. Aquestes propostes es realitzen tenint en compte totes les dades que s'han recollit en aquest projecte, l'avaluació de les mateixes i la diagnosi que se n'ha extret, tenint en compte el cost econòmic que té la seva aplicació, la millora que s'obté i prioritant aquelles amb una millor relació cost inicial - millora energètica.

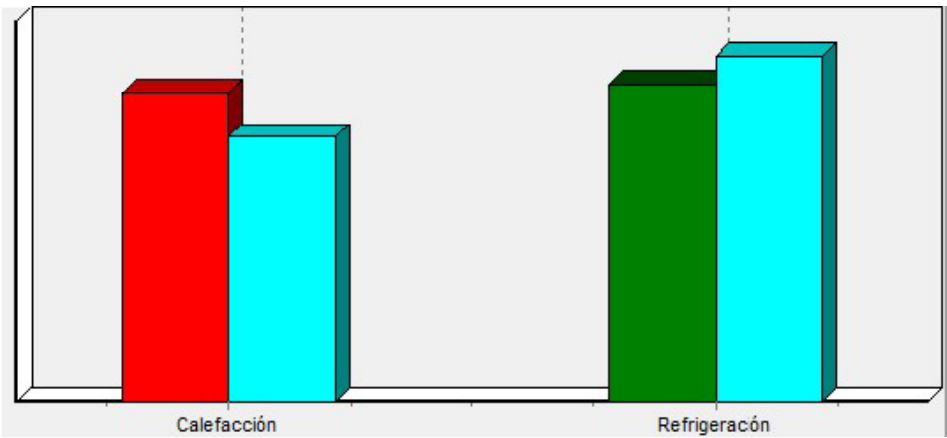
5.1 L1: PROPOSTES SOBRE L'ENVOLTANT TÈRMICA

Per mirar de reduir l'elevada demanda en calefacció que te l'escola, que com hem vist és de fins a un 55,6% més elevada respecte l'edifici de referència que calcula LIDER, es proposa la retirada i canvi total de totes les finestres i portes d'alumini que es troben a la part nova de l'Edifici Principal. A la part antiga, només es proposa canviar el vidre de les obertures per un amb menor transmitància tèrmica conservant els marcs de fusta, que es consideraran bons i d'aquesta manera conservem l'originalitat de l'edifici patrimonial de l'escola. També es considerarà la millora en permeabilitat a l'aire de totes les obertures i el canvi de l'U-Glass que hi ha a la façana nord i oest per un U-Glass de baixa emissivitat, millorant-ne també la permeabilitat a l'aire. Aquesta actuació només afecta a l'Edifici Principal.

Es mantenen els mateixos percentatges de marc en cada cas. Les portes i finestres que es col·loquen per avaluar el canvi són composades amb vidre doble de baixa emissivitat (4-9-6) amb un marc de PVC amb ruptura de pont tèrmic en tres càmeres.

DENOMINACIÓ	VALORS LIDER (W/m²K)	CTE (W/m²K)		VALORS LIDER (m³/h·m²)	VALORS CTE (m³/h·m²)
		Nord	Sud		
Finestres PVC	1,9	2,9	4,3	25	0,27
Portes PVC	1,9	2,9	4,3	25	0,27
Finestres fusta, nou vidre	2,34	2,9	4,3	25	0,27
Portes fusta, nou vidre	2,34	2,9	4,3	25	0,27
U-Glass	1,9	2,9	4,3	25	0,27

S'analitza de nou l'edifici amb el programa LIDER i CALENER amb les noves finestres, per veure la millora que s'obté en la demanda tèrmica.



	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	116,18	92,0
Proporción relativa calefacción refrigeración	49,4	50,6

Gràfic 5.1 i Taula 5.1: Resultats del programa LIDER per a l'Edifici Principal amb el canvi de finestres (Font: Elaboració pròpia)

Podem veure que es millora notablement la demanda, que ara només supera un 16,18% la de l'edifici de referència.

Econòmicament, aplicar aquesta mesura amb les característiques de les portes, finestres i vidres indicats i la demolició dels existents, suposa aproximadament la següent inversió:

- Cost de demolició finestra d'alumini: 7,60 €/ut x 52 uts. = 395,2 €
- Cost de col·locació finestra PVC: 343,47 €/ut x 52 uts. = 17860,44 €
- Cost de demolició porta d'alumini:16,89/ut x 7 uts. = 118,23 €
- Cost de col·locació porta de PVC: 386,30 €/ut x 7 uts. = 2704,1 €
- Cost del vidre doble baixa emissivitat i col·locació: 115,81 €/m² x 195 m² = 22582,95 €

Amb els preus obtinguts del generador de preus de CYPE, s'obté que el cost estaria al voltant dels 45.000 €. Aquests preus no s'ajusten a la realitat, i per a dur a terme aquesta proposta s'haurà de realitzar el projecte corresponent i el seu pressupost detallat. S'ha de tenir en compte, a més, que les obres que s'han descrit comporten unes emissions de CO₂ a l'atmosfera.

Els resultats amb CALENER VYP mostren una millora en la demanda teòrica de 8 KW/m² en calefacció, que suposen uns 9400 KWh anuals, gairebé 2 tones de CO₂. En Euros, suposaria un estalvi anual de gairebé 600 €.

Si bé hi ha guanys importants, l'amortització de dur a terme aquesta operació seria a 75 anys, fet que fa inviable la seva aplicació.

5.2 L2: PROPOSTES SOBRE LES INSTAL·LACIONS

Com ja s'ha comentat anteriorment, no es consideraran grans canvis pel què fa a les instal·lacions per no afegir més costos als que ja hi ha hagut en aquest aspecte, especialment a l'Edifici Annex. Tot i així, s'estudien mesures que podrien proporcionar estalvi energètic, mediambiental i econòmic, i algunes d'elles a baix cost o cost 0.

Calefacció

S'entén que la caldera de baixa temperatura instal·lada funciona correctament, així com els radiadors, i no es considera oportú aïllar els conductes que passen vistos per l'interior de l'edifici ja que aquests alliberen calor a les estàncies a calefactar. Tot i així, una manera de millorar l'efectivitat dels radiadors és la col·locació de panells reflectants de calor dentats entre el radiador i la paret exterior. Aquests panells eviten la pèrdua de calor per la paret exterior i reflueixen la calor cap al radiador i l'estància, de manera que l'aire es distribueix millor per l'espai i la temperatura de l'aigua del radiador es manté més elevada, retornant al circuit a major temperatura, per la qual cosa la caldera ha de treballar menys per aconseguir la temperatura de circulació de l'aigua.

Els fabricants asseguren que l'estalvi energètic és de un 20% de mitjana i la inversió es recupera en un any. Tot i així, aquest producte està més encarat a la venda per a vivendes i no podem analitzar quin percentatge d'estalvi s'obtingria. El cost econòmic inicial d'aquesta proposta seria aproximadament de 735 €, considerant que per uns 65 radiadors necessitem 7 caixes de 20 panells cada una amb tot el material necessari, i que cobrim cada radiador amb 2 panells. L'aplicació d'aquests panells no requereix mà d'obra professional.

Il·luminació

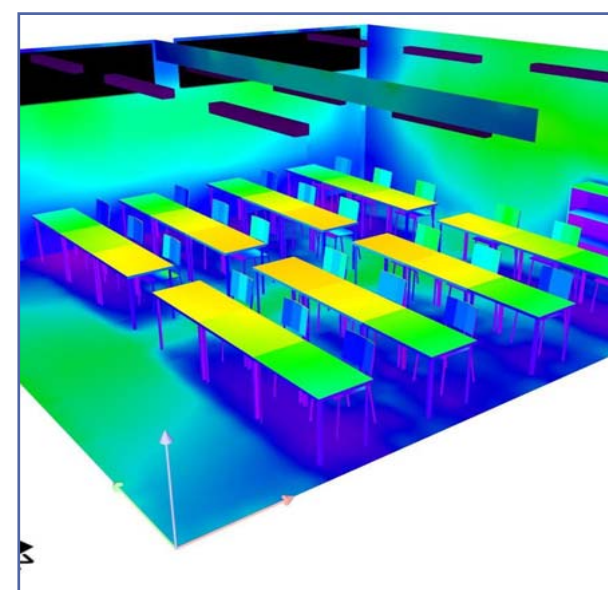
Recuperant l'anàlisi de la demanda lumínica i l'estudi realitzat amb DIALUX a diversos espais del centre, es poden retirar alguns fluorescents en algunes aules i seguir mantenint un confort lumínic adequat i en compliment amb el CTE i la normativa. La operació de treure fluorescents té un cost 0 i

guanys immediats, a més es poden guardar per a substituir els que es vagin fonent, per tant la operació no genera residu.

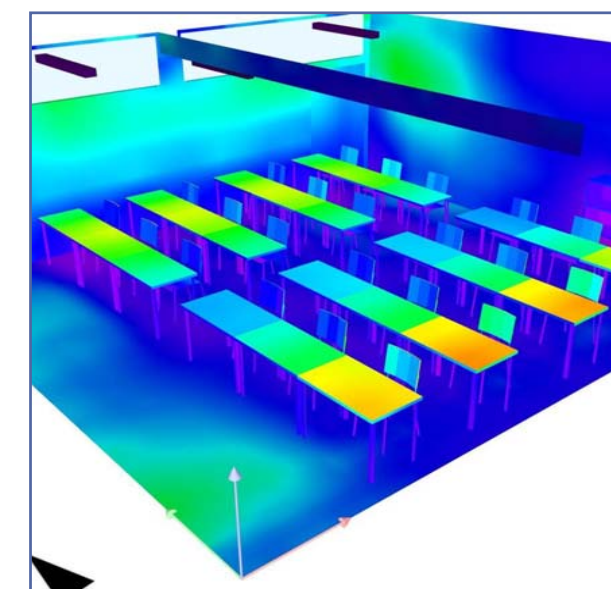
Aules Edifici Principal

Observem que la fila central de lluminàries està instal·lada adossada a la biga central que creua l'aula, provocant que la il·luminació en aquesta zona al pla útil augmenti en el nivell de lux, ja que les lluminàries PHILIPS MASTER TL-D TCW216 2x36W són les mateixes en totes les files. Calculem amb DIALUX restant un fluorescent per cada lluminària en aquesta fila (per al càlcul s'ha utilitzat un equip PHILIPS MASTER TL-D TCW216 1x36W), en total 3 fluorescents, i obtenim que es mantenen en compliment els paràmetres de CTE i UNE EN 12464-1. Es poden comprovar els valors als annexos corresponents.

Això significa que es poden eliminar 3 fluorescents per aula, i comptant que hi ha 9 aules idèntiques a l'Edifici Principal (no es compta la biblioteca, que requereix una il·luminància mitjana mantinguda de 500 lux), són 27 fluorescents de 36W cada un. Suposant que a l'any es consumeixen 3000 hores de cada fluorescent (considerant el seu alt ús, tant en horari lectiu com en horaris de neteja), retirant-los obtindríem un estalvi de 108 KWh per cada fluorescent a l'any, que són 2916 KWh pels 27 fluorescents. L'estalvi econòmic seria d'uns 420 € l'any i de 587 Kg de CO₂.



Il·lustració 5.1: Aula Edifici Principal, il·luminació reduïnt fluorescents (Font: DIALUX)



Il·lustració 5.2: Aula Edifici Principal, il·luminació natural + artificial al mes de Desembre (Font: DIALUX)

També s'ha analitzat l'aula en la condició desfavorable (cel tapat) al mes de desembre, que com hem vist abans no complia amb els 300 lux de mínima, i s'ha combinat amb llum artificial però encenent únicament les lluminàries situades més allunyades de les finestres. Tot i que aquesta opció no és viable ja que les files de lluminàries estan instal·lades perpendicularment a les finestres i l'encesa és per fila, veiem que si es pogués encendre únicament les tres lluminàries més allunyades de la finestra, n'hi hauria prou per tenir un confort lumínic tot i no complir la relació E_{min} / E_m per poc (0,442).

Aula de Tutoria

Les dimensions de l'aula i l'alçada lliure de la part antiga de l'edifici no permeten reduir el nombre de fluorescents en aquest espai amb el muntatge actual. Suspenent les lluminàries 1,5 metres del sostre, aconseguiríem el poder restar 2 fluorescents i aconseguir 300 lux a la zona central, però la dificultat de dur a terme aquest acció i la millora tan escassa no fan plantejar la opció d'aplicar-ho.

Aula Anglès. Edifici Principal

Ja hem vist a l'apartat corresponent a l'anàlisi lumínic d'aquesta aula que no s'hi pot fer classe sense llum artificial. De la mateixa manera que en el cas de l'aula de tutoria, l'alçada lliure és molt elevada i dificulta que es puguin treure alguns fluorescents dels que hi ha actualment. Només si es suspenen 1,4 metres aconseguim els 300 lux en pla útil de càlcul utilitzant la meitat de fluorescents de 36W i es segueix complint amb tots els valors límit de CTE i normativa.

Si s'adapta la instal·lació per a poder ser suspesa 1,4 metres, podríem eliminar la meitat de fluorescents. Si s'extrapola aquest estudi a l'aula de P3, de dimensions i característiques similars però amb millors condicions de llum natural, podríem eliminar fins a 18 fluorescents, que fent el mateix càlcul que abans, suposen 1944 KWh l'any (278 €, 392 Kg de CO₂). S'haurien de tenir en compte els costos d'adaptar la instal·lació a aquestes condicions.

Aula plàstica. Edifici Annex

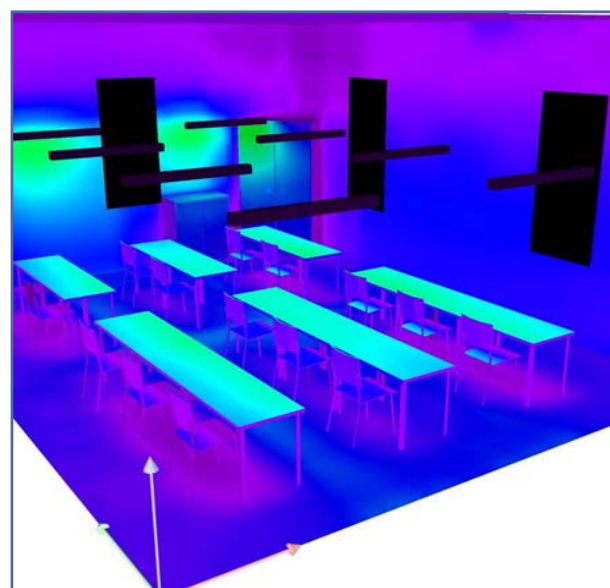
En aquest cas, tenim uns fluorescents més eficients tipus PHILIPS MASTER TL-D Eco, de 51W que ens il·luminen les aules de l'edifici annex amb uns nivells força elevats. Tot i així, requerint l'aula de

plàstica 500 lux, no s'arriba a aquest nivell si es redueix a la meitat el nombre de fluorescents o si es canvia l'equip per un dels que tenim a la resta de l'edifici, de PHILIPS MASTER TL-D TCW216 2x36W. Es podria fer un estudi 'in situ' retirant alguns fluorescents en diferents punts de l'aula i analitzar amb un luxímetre els nivells que tenim, tot i que es perdrà la uniformitat que es té actualment.

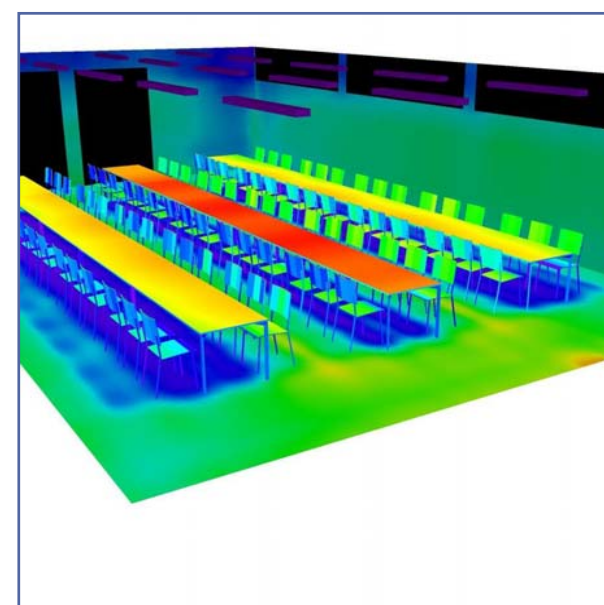
Si bé aquestes dues solucions (retirada de fluorescents i canvi d'equip) no són bones per l'aula de plàstica, si ho seran per l'aula de música, situada just al costat i amb les mateixes dimensions, si bé sense l'exigència de tenir 500 lux de E_m . Això suposaria, eliminant la meitat de fluorescents de 51 W, que s'estalviarien 918 KWh l'any (131 €, 185 Kg de CO₂)

Menjador

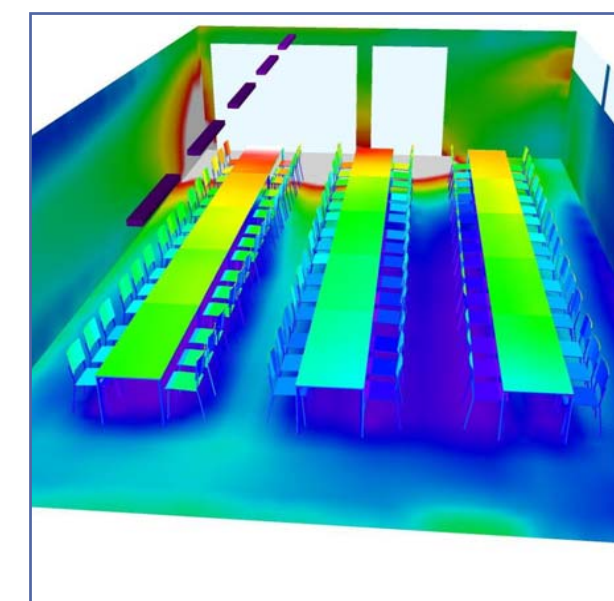
Al menjador tenim una il·luminació excessiva, i es pot plantejar clarament la retirada de la meitat de fluorescents actuals i seguir tenint una il·luminació adequada. En total serien 15 fluorescents que es podrien retirar, que suposen 2295 KWh anuals (328 €, 463 Kg de CO₂)



Il·lustració 5.3: Aula Anglès, suspensió de lluminàries amb meitat de fluorescents (Font: DIALUX)



Il·lustració 5.4: Menjador, il·luminació artificial amb meitat de fluorescents (Font: DIALUX)



Il·lustració 5.5: Menjador, il·luminació natural + artificial al mes de Desembre (Font: DIALUX)

També veiem que al mes de desembre en condicions desfavorables, seria suficient encendre una fila de lluminàries per tenir una il·luminació suficient per dinar. Regular l'encesa de llums per part dels responsables de menjador pot aportar beneficis importants a llarg plaç.

Gimnàs

S'ha estudiat la substitució de les lluminàries per uns focus LED, però per proporcionar una il·luminació similar la potència no dista tant de l'actual. Com que també és un espai que gaudeix de bona il·luminació natural, no es proposa cap canvi en les lluminàries del gimnàs, però si s'advoca per l'ús de la il·luminació natural i reservar l'artificial per a moments puntuals.

Havent estudiat únicament les àrees més representatives, es poden estalviar només amb la retirada de fluorescents uns 8000 KWh l'any, que suposen més de 1.100 euros. Veient l'alt consum lumínic de l'escola, convindria aprofundir l'estudi i estendre'l a totes les estàncies i despatxos per mirar d'aconseguir un estalvi major.

També es proposa la instal·lació d'una bateria de condensadors connectada al quadre elèctric. Una bateria de condensadors permet eliminar el consum en energia reactiva d'una instal·lació, alhora que augmenta la vida útil de la instal·lació, ja que el flux d'electricitat s'estabilitza i els equips són alimentats de manera més regular. Les dimensions d'aquesta bateria variaran segons la potència de la instal·lació i l'estudi de consum històric d'energia reactiva i les potències màximes utilitzades; no disposem d'aquestes dades per fer el càlcul i el preu anirà en relació a la potència reactiva.

També es planteja la incorporació de sensors de moviment en passadissos i lavabos. Aquesta mesura podria resultar en una reducció del consum elèctric en l'ús de lluminàries i evitar que hi hagin estances comuns il·luminades quan ningú les està utilitzant. Si bé cobra sentit aquesta mesura en lavabos, no tant en els passadissos ja que durant el dia es pot prescindir totalment de l'ús de llum artificial i els sensors activarien les lluminàries en presència de moviment als passadissos quan, de fet, no seria necessari.

Com que el nombre de lavabos de l'escola no és massa elevat, ja que el nombre d'usuaris tampoc ho és, no es valorarà la incorporació d'aquests detectors, apostant per una sensibilització al personal i als usuaris per a que tanquin els llums un cop utilitzat el servei. A més, on s'han observat més descuits en les diferents visites realitzades al centre no és en zones comuns o lavabos precisament, sinó a aules de classe o tutoria on romanien la llum encesa sense cap usuari ocupant l'espai. Altre cop, el problema és més aviat de gestió que dels sistemes d'instal·lacions actuals de l'escola.

Aigua Calenta Sanitària

Analitzant el funcionament de les aixetes, no es proposa el canvi en cap cas ja que la millora que es pot obtenir és molt baixa per l'alt cost inicial. Les aixetes tipus PRESTO que hi ha instal·lades funcionen de forma correcta a l'Edifici Principal, i a l'Edifici Annex també tant a les aixetes com a les dutxes dels vestidors, les quals (tant aixetes com dutxes) tenen la possibilitat d'aigua freda i aigua calenta. Als inodors sí ens podem plantejar el canvi o la millora, ja que són d'una única descàrrega i es perden molts litres en cada una. Com als punts anteriors, la gestió de l'aigua i el bon ús serà també part important.

Pel què fa a la caldera, és una caldera tipus convencional de 64 amb un rendiment una mica just, que aquí considerarem de 0,9. Es pot considerar el canvi per una altra de condensació, considerades d'alta eficiència, i s'obtidria guanys en consum de gas natural. Per esbrinar quin estalvi en consum de gas s'obtidria amb el canvi, apliquem la fórmula $C = \frac{Q_0}{PCI \cdot \eta}$, on C és el consum de combustible per hora (m^3/h), PCI el poder calorífic inferior del combustible (KWh/m^3) que per al gas natural serà de 12,91, η el rendiment de la caldera i Q_0 la potència de la caldera. Considerant la caldera actual i una de condensació amb la mateixa potència que l'actual, amb un rendiment del 0,98 a alta temperatura i de 1,07 a baixa temperatura, obtenim:

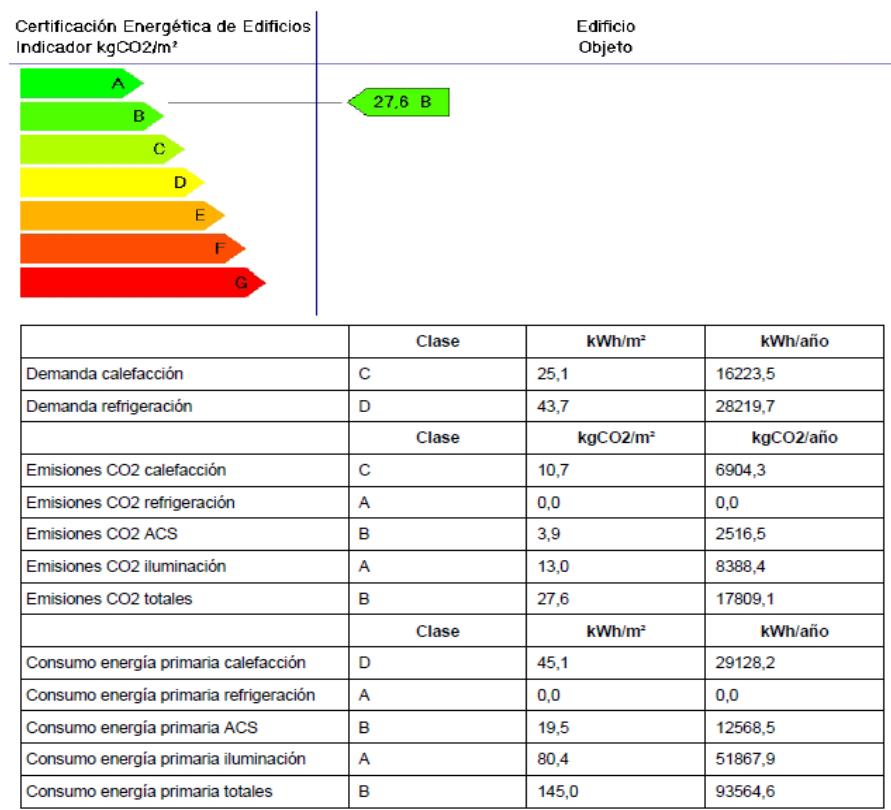
$$\text{CALDERA ACTUAL: } C = \frac{64}{12,91 \cdot 0,9} = 5,508 \text{ KWh}/m^3$$

$$\text{CALDERA CONDENSACIÓ: } C = \frac{64}{12,91 \cdot 0,98} = 5,058 \text{ KWh}/m^3, \text{ a alta temperatura}$$

$$C = \frac{64}{12,91 \cdot 1,07} = 4,633 \text{ KWh}/m^3, \text{ a baixa temperatura}$$

Obtidríem un major rendiment i menor consum de gas natural. Una caldera d'aquestes característiques té un preu de entre 7000 i 11000 euros, a més del transport i la instal·lació. No serà una actuació que es tingui en compte per ara, però hauria de ser prioritari la substitució de l'actual caldera quan falli o arribi al final de la seva vida útil per una de condensació.

Per altra banda, es planteja la recuperació de les plaques solars per assistir a la caldera en la producció d'ACS. Considerant que la col·locació de plaques solars proporioni un 20% de l'energia necessària per a la producció d'aigua calenta, s'obté el següent resultat amb el programa CALENER VYP:



Il·lustració 5.6: Resultats CALENER VYP considerant un 20% d’aportació per plaques solars, Edifici Annex (Font: Elaboració pròpia)

La millora que s’obté és massa petita per a proposar la incorporació de plaques solars a la instal·lació, ja que aquestes tenen un alt cost de compra i instal·lació.

5.3 L3: PROPOSTES SOBRE LA GESTIÓ

La línia d’actuació principal d’actuació en la que es basa aquest projecte és en la proposta del canvi de protocol en l’ús de la calefacció, ja que es considera que és el principal detonant per la situació de consum extrem en kWh/m² de l’escola.

Com hem vist en varies ocasions, aproximadament el 37,5% del total de kWh anuals consumits per la calefacció es produïa entre les 17:00 i les 23:00 hores de cada, de dilluns a divendres. És l’horari de mínima ocupació del centre, ja que només hi treballa l’equip de neteja. La mitjana de consum de gas natural entre els cursos 2009-2010 i 2012-2013 és de 200997,64 kWh; si el 61 % d’aquest consum és

destinat a la calefacció, tenim que es consumeixen de mitjana 122608,56 kWh en calefacció, el 37,5% dels quals son 45978,21 kWh.

L’eliminació total d’aquest consum suposaria un estalvi anual de **2924,32 €** i d’unes emissions superiors a **9 tones de CO2**.

Es fa evident que aquesta proposta seria d’urgent aplicació, ja que el benefici a tots els nivells que obtenim és molt elevat i s’elimina un consum totalment innecessari. Com ja hem dit, durant l’elaboració del present projecte s’han aplicat mesures en aquest sentit i l’horari d’apagada total de la calefacció és ara a les 18:00 hores. Serà interessant comparar les dades de consum del curs 2014-2015 amb les del curs actual o el curs passat, on es podrà apreciar ben segur una davallada en el consum molt important.

Per altra banda, es proposa l’assessorament de l’equip actual del projecte Euronet 50/50 per elaborar els horaris trimestrals de classe de manera que els espais tinguin un ús i ocupació adients i continuats per evitar que espais de baixa intensitat d’ús durant la setmana tinguin un consum innecessari, ja sigui en calefacció com en il·luminació. També ha estat aplicat un control d’apagat ‘stand by’, els beneficis del qual s’haurien de poder apreciar a partir d’ara.

L’ús de cartells o també la sensibilització per part de l’equip del projecte Euronet 50/50, que treballa actualment en la reducció de consums de l’escola, poden ajudar a que els usuaris del centre facin un ús adequat de la il·luminació artificial i de l’aigua. Al professorat i equip no docent, o a la direcció de l’escola, se’ls poden presentar aquests potencials d’estalvi per a que mirin d’aplicar mesures de control

Com a altre punt i per millorar les condicions lumíniques d’algunes aules i que en aquestes es pugui aprofitar la llum solar i evitar enlluernaments, es proposa la incorporació de cortines, especialment a l’aula de plàstica, a l’Edifici Annex. La inversió inicial és ínfima i l’estalvi, si bé es difícil de valorar econòmicament, es pot traduir en una menor utilització de les lluminàries de l’aula.

6. ACONDICIONAMENT ACÚSTIC

Tot i que l'acústica no és un paràmetre que afecti al consum energètic d'un edifici, en aquest apartat es comprovarà el nivell de reverberació que trobem en una aula tipus de l'Edifici Principal en comparació amb els nivells màxims que estableix el Codi Tècnic. Les aules de l'Edifici Principal són les més representatives de l'escola i les que tenen una intensitat d'ús més alta, per tant són les aules on es requerirà tenir un nivell de confort acústic adient de manera més destacada que a les demés.

El document que ens indica els paràmetres límit de temps de reverberació i el càlcul per complir amb les exigències és el *Documento Básico HR – Protección frente al ruido* del CTE. Entenent que el CEIP Torre de la Llebre es troba en una zona residencial, amb baix nivell de tràfic i soroll exterior, no es considerarà en aquesta comprovació els nivells d'aïllament acústic, ja que aquests no representen una molèstia per a l'activitat del centre. Per tant, únicament es comprovarà el nivell de reverberació que tenim a les aules tipus.

S'utilitza el mètode de càlcul simplificat que estableix aquest document, el qual utilitza la fórmula de Sabine per calcular el temps de reverberació:

$$T = \frac{0,16 \cdot V}{A}$$

Essent,

T, el temps de reverberació en segons

V, el volum del recinte en m³

A, l'absorció acústica total del recinte, en m²

L'absorció acústica, A, es calcula mitjançant la següent expressió:

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{o_{m,j}} + 4 \cdot m_m \cdot V$$

Essent,

$\alpha_{m,i}$, el coeficient d'absorció acústica mitjà de cada parament, per les bandes de terç d'octava centrades en les freqüències de 500, 1000 i 2000 Hz.

S_i , l'àrea de parament la qual el seu coeficient d'absorció es α_i (m²)

$A_{o_{m,j}}$, l'àrea d'absorció acústica equivalent mitjana de cada moble fix absorbent diferent (m²)

V, el volum del recinte

m_m , el coeficient d'absorció acústica mitjà a l'aire, per les freqüències de 500, 1000 i 2000 Hz i de valor 0,006 m⁻¹

Segons el CTE, el terme $4 \cdot m_m \cdot V$ no es té en compte per a recintes amb un volum menor que 250 m³. L'aula tipus que avaluarem té un volum de 161,7 m³ (7,7 m x 7 m x 3 m), per tant no tindrem en compte l'absorció de l'aire. En el càlcul que durem a terme, tampoc tindrem en compte el mobiliari ni les persones que hi ha a l'aula durant la classe normal, marcant el CTE com a temps de reverberació límit en aquest cas en 0,7 segons.

El coeficient d'absorció acústic serà diferent en cada parament segons el material del qual estiguin formats. Així doncs, la taula que es mostrarà tot seguit resumeix els coeficients d'absorció per a cada material i freqüència, la superfície de material que hi ha i l'absorció acústica que representa ($\alpha \cdot S$). Els totals que es representen al final, només es mostren els de terç d'octava 500, 1000 i 2000 Hz ja que son els que s'utilitzen per fer la mitjana per al càlcul de l'absorció i del temps de reverberació

D'entrada i abans de procedir al càlcul, podem conèixer l'àrea d'absorció que necessitarem per aconseguir els 0,7 segons de reverberació màxima que el Codi Tècnic estableix com a màxims per a un recinte sense mobles i amb volum inferior a 350 m²

Aplicant la fórmula $T = \frac{0,16 \cdot V}{A}$, amb T = 0,7 i el volum de l'aula 161,7, s'obté que l'absorció acústica, A, ha de ser igual a 36,96. Si consideréssim el mobiliari i les persones que ocupen la sala, el valor límit de reverberació que hauríem de tenir seria de 0,5 segons; en aquest cas, l'absorció acústica que s'hauria d'aconseguir seria de 51,74.

Tenint en compte que els materials que trobem a l'aula no tenen uns coeficients d'absorció gaire elevats, possiblement ens trobem amb una reverberació que no compleix amb les exigències del CTE. En aquest cas, el més adient seria afegir materials absorbents als paraments ja que les superfícies i volums son fixes; també hem de tenir en compte que la utilització de l'aula és amb mobiliari i l'alumnat a l'interior, els quals representen una superfície elevada d'absorció i que, tot i que podem trobar disconformitat amb l'aula buida, es possible que no sigui exagerada amb l'alumnat i mobiliari inclòs.

Hz		125	250	500	1000	2000	4000
Arrebossat de guix sobre maó, parets (S = 54,9 m²)	α	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
	A	1,098	1,098	1,098	1,647	2,196	2,196
Arrebossat de guix sobre ciment, sostre (S = 53,9 m²)	α	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,03
	A	2,156	2,156	2,156	2,695	3,234	1,617
Finestres de vidre, 4 mm (S = 10,2 m²)	α	0,3	0,2	0,1	0,07	0,05	0,02
	A	3,06	2,04	1,02	0,714	0,51	0,204
Vidres passadís (S = 10,2 m²)	α	0,33	0,25	0,1	0,07	0,06	0,04
	A	1,485	1,1125	0,445	0,3115	0,267	0,178
Terra de rajoles de granit (S = 53,9 m²)	α	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
	A	0,539	0,539	0,539	0,539	1,078	1,078
Cortines, tela fina (S = 10,2 m²)	α	0,04	0,05	0,11	0,18	0,3	0,35
	A	0,408	0,51	1,122	1,836	3,06	3,57
Portes (S = 19,25 m²)	α	0,15	0,1	0,06	0,08	0,1	0,05
	A	2,8875	1,925	1,155	1,54	1,925	0,9625
TOTALS	A			7,535	9,594	12,27	
	T			3,43	2,69	2,10	

El temps de reverberació de l'aula serà la mitjana dels temps de reverberació per les freqüències de 500, 1000 i 2000 Hz. Així doncs, tenim que la reverberació de l'aula buida, sense mobiliari ni personal, és de 2,74 segons, molt distant dels 0,7 que estableix el CTE.

Això és degut a la poca absorció que presenten els materials dels paraments; com podem veure, l'absorció mitjana total és de 9,80 m², lluny dels 36,96 calculats anteriorment. Especialment podem observar que el terra de rajoles granit, si bé té un comportament molt bo front els cops i al desgast, no és gens bo en matèria d'acústica. Tampoc ho són els paraments verticals, formats per una arrebossat de guix sobre parets de maó.

Aquests dos paraments són els que més superfície ocupen de l'aula, i una modificació en aquests representarà una millora en aquests temps. Per exemple, si es considera la incorporació d'un suro com

a acabat en les dues parets perpendiculars a les finestres (42 m²), que a més dona la possibilitat de penjar cartells, dibuixos o tota mena de treballs de classe, s'obtenen els següents resultats:

Hz		125	250	500	1000	2000	4000
Arrebossat de guix sobre maó, parets (S = 12,9 m²)	α	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
	A	0,258	0,258	0,258	0,387	0,516	0,516
Parets acabat amb suro (S = 42 m²)	α	0,12	0,27	0,72	0,79	0,76	0,77
	A	5,04	11,34	30,24	33,18	31,92	32,34
Arrebossat de guix sobre ciment, sostre (S = 53,9 m²)	α	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,03
	A	2,156	2,156	2,156	2,695	3,234	1,617
Finestres de vidre, 4 mm (S = 10,2 m²)	α	0,3	0,2	0,1	0,07	0,05	0,02
	A	3,06	2,04	1,02	0,714	0,51	0,204
Vidres passadís (S = 10,2 m²)	α	0,33	0,25	0,1	0,07	0,06	0,04
	A	1,485	1,1125	0,445	0,3115	0,267	0,178
Terra de rajoles de granit (S = 53,9 m²)	α	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
	A	0,539	0,539	0,539	0,539	1,078	1,078
Cortines, tela fina (S = 10,2 m²)	α	0,04	0,05	0,11	0,18	0,3	0,35
	A	0,408	0,51	1,122	1,836	3,06	3,57
Portes (S = 19,25 m²)	α	0,15	0,1	0,06	0,08	0,1	0,05
	A	2,8875	1,925	1,155	1,54	1,925	0,9625
TOTALS	A			36,935	41,514	42,51	
	T			0,7	0,623	0,608	

Podem veure que ara sí es compliria amb el codi tècnic, obtenint un temps de reverberació de 0,64 segons, amb una A mitjana de 42,32 m². Encara ens sobraria superfície d'absorció, de la qual es deduiria la part corresponent a la pissarra que hi hauria en alguna d'aquestes parets.

7. CONCLUSIONS

L'avaluació energètica d'un edifici requereix molta precisió en les dades que es recullen en la fase d'aixecament de dades, ja que del treball en aquesta fase en depèn la resta i la possibilitat de realitzar una diagnosi adequada i elaborar unes línies d'actuació adients al edifici que s'estudia.

Si bé en l'avaluació inicial s'ha trobat una escola molt deficient en matèria d'eficiència energètica, hem comprovat que l'Ajuntament de Rubí ja ha posat en mans de professionals en temes d'estalvi energètic per a solucionar el conflicte de l'alt consum de recursos de l'escola. Aquest fet ha deslluït les propostes de millora que es preveïen des del inici de la realització d'aquest treball, ja que la més important d'elles, la gestió en l'ús de la calefacció ja ha estat solucionada; tot i així, el més important és que s'estan duen a terme accions al centre per reduir la despesa energètica, econòmica i mediambiental.

Vist aquest fet, el projecte s'ha encarat a buscar problemes que tenen una solució a baix cost o cost 0, i millorant l'aprofitament d'energia dels sistemes. Son prioritàries aquestes accions ja que representen una millora instantània sense cost inicial; les actuacions en ús i gestió, doncs, tindran prioritat, així com les que s'efectuïn sobre els sistemes i tinguin un cost baix o 0, com pot ser la retirada de fluorescents innecessaris o la col·locació de làmines reflectores als radiadors per aprofitar-ne millor la calor que desprenen.

També cal indicar que l'ús d'eines informàtiques en el treball, com són el LIDER, CALENER VYP i DIALUX, ens ajuden a obtenir dades teòriques de consum però és convenient contrastar-les amb les dades reals que es puguin obtenir de factures de subministradores o històrics que es puguin consultar. També resultaria interessant recollir les dades in situ amb aparells de mesurament (luxímetres, termohigròmetres...) per contrastar les dades subjectives obtingudes amb les enquestes repartides, on hem obtingut la opinió envers el confort dels usuaris que utilitzen l'escola habitualment, i que han ajudat a elaborar una diagnosi més acurada.

Per tant, es conclou considerant ideal completar aquest projecte amb un mesurament de dades 'in situ' per sumar-les a les que aquí es recullen i promoure un ús adequat del sistema de l'escola. Ampliar l'anàlisi lumínic i estendre'l a tots els espais de l'escola, ens pot ajudar a detectar més espais on poder reduir la il·luminació. A més, donat el fet que l'escola està en procés de canvis i aplicacions de mesures de millora, també resultaria interessant comparar les dades que hem obtingut en aquesta avaluació amb les dades reals de consum que es puguin recollir a partir del curs vinent, definint amb detall les mesures correctores que s'han pres.

8. BIBLIOGRAFIA

Referències bibliogràfiques i guies de consulta

- Rodriguez, I., López, F., Martorell, Ruiz, G., & Bosch, M.. *Avaluació energètica d'edificis: L'experiència de la UPC, una metodologia d'anàlisi*. Barcelona, Edicions UPC (2006).
- Neila González, F. Javier; Bedoya Frutos, César. *Técnicas arquitectónicas y constructivas de Acondicionamiento ambiental*. Madrid, Ediciones Munilla-Lería. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónica, Escuela Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid (1997).
- Vilalta Martínez, Jordi; *Arquitectura i societat al rubí de principis del S.XX*. BUTLLETÍ Grup col·laboradors Museu de Rubí/ centre d'estudis rubinencs, num 46, any XXI, Rubí (2002).
- Catàleg i Pla Especial de Protecció del Patrimoni Arquitectònic, Arqueològic i Natural de Rubí. Memòria, Normativa i Plànol. (2004).
<http://www.rubi.cat/ajrubi/apartats/index.php?apartat=2900> [Consulta: 03/05/2014]
- Catàleg i Pla Especial de Protecció del Patrimoni Arquitectònic, Arqueològic i Natural de Rubí. Fitxes d'elements catalogats (2004).
<http://www.rubi.cat/ajrubi/apartats/index.php?apartat=2900> [Consulta: 03/05/2014]
- Ministerio de vivienda; Ministerio de industria, turismo y comercio. *Lider v1.0 - Manual de usuario* (2009)
<http://www.codigotecnico.org/web/galerias/archivos/ManualLIDER.pdf> [Consultat i descarregat: 12/12/2013]
- Ministerio de vivienda; Ministerio de industria, turismo y comercio. *CALENER VYP v1.0 - Manual de usuario*. (2009)
http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconoc/ProgramaCalener/CalenerVYP1/Manual_de_usuario.pdf [Consultat i descarregat: 08/10/2013]
- IDAE; Ministerio de industria, turismo y comercio. *Guía Técnica. Condiciones Climáticas Exteriores de Proyecto*. (2010)
<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/eficienciaenergetica/rite/reconocidos/reconocidos/condicionesclimaticas.pdf> [Consultat i descarregat: 19/05/2014]
- IDAE; Ministerio de industria, turismo y comercio; Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. *Guía Técnica de Iluminación Eficiente. Sector Residencial y Terciario*. (Sense data)
<http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-tecnica-de-iluminacion-eficiente-sector-residencial-y-terciario-fenercom.pdf> [Consultat i descarregat: 10/01/2014]
- IDAE; Ministerio de industria, turismo y comercio; Comité Español de la Iluminación. *Guía Técnica. Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios*. (2005)
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10055_GT_aprovechamiento_luz_natural_05_ff12ae5a.pdf [Consultat i descarregat: 19/05/2014]
- Institut Català de l'Energia. Generalitat de Catalunya. Departament de Treball, Indústria, Comerç i Turisme. *Estudis monogràfics, num. 14. Els graus-dia de calefacció i refrigeració de Catalunya. Resultats a nivell municipal* (2003)
<http://www20.gencat.cat/docs/icaen/Migracio%20automatica/Documents/Activitats%20i%20daded%20energetiques/Arxius/monografic14.pdf> [Consultat i descarregat: 25/05/2014]

Altres llocs web i catàlegs consultats

- Diputació de Barcelona. *Comparador de consums energètics (versió gener 2014)*. (2014)
<http://www.diba.cat/documents/471041/7f98f0c1-6920-4105-a3ca-cd87d76025f3> [Consultat i descarregat: 21/04/2014]
- Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. *Calculador de Emisiones (formato Excel)*. (2012)

<http://www.camarazaragoza.com/wp-content/uploads/2012/10/calculoemisiones.xls> [Consultat i descarregat: 21/04/2014]

- Ariston Thermo España S.L. *Instalaciones Eficientes de Calefacción para edificios de viviendas y del sector terciario*. (2011)
http://www.chaffoteaux.es/noticias/ch_es/Chaffoteaux_Instalaciones%20Eficientes%20de%20Calefacci%C3%B3n.pdf [Consultat i descarregat: 18/05/2014]
- Vaillant España
<http://www.vaillant.es/Web/catalogo%2Ffamilia%2FecoTECplushigh%2FCalderas-Murales-de-Condensaci%C3%B3n-ecoTEC-plus-alta-potencia-46-y-65-kW%2FCALDERASPART> [Consulta: 17/06/2014]
- Cype Ingenieros, S.A.
http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=0|0_0_0_0|1|IEQ020|ieq_020:_0_0_0_0_0_53_0 [Consulta: 14/06/2014]
- Grifería Presto Ibérica. *Tarifas Presto 2012*. (2012)
<http://www.gduran.com/gxpareas/TARIFAS/PRESTO%20Griferia%20temporizada.pdf> [Consultat i descarregat: 30/05/2014]
- BaxiRoca. *Emisores. Radiadores de Aluminio*. (Sense data)
http://www.baxi.es/docs/sp_cataleg/h39.pdf [Consultat i descarregat: 30/05/2014]

Altres treballs i projectes de suport

- Jiménez Del Amo, Edgar. *Rehabilitación Energética en el CEIP General Prim, con estudio exergético*. Projecte Final de Grau. Grau en Ciències i Tecnologies de l'Edificació. UPC (2013)
<http://biblioteca.upc.edu/>
- Vidal Valiente, Gerard. *Avaluació i certificació energètica del edifici Vèrtex*. Projecte Final de Grau. Grau en Ciències i Tecnologies de l'Edificació. UPC (2013)
<http://biblioteca.upc.edu/>

- Gonzalez Gandia, Gerard. *Diagnosi i projecte de rehabilitació d'una vivenda unifamiliar noucentista al C/ Chapí, 80 (Barcelona)*. Projecte Final de Grau. Enginyeria de l'Edificació. UPC. (2012)
<http://biblioteca.upc.edu/>
- Gallardo Merino, Miguel Angel. *Proyecto de Reforma y Adecuación de las Instalaciones del CEIP Torre de la Llebre*. Ajuntament de Rubí. Àmbit de desenvolupament urbà. Àmbit d'obra pública. (2009)
http://www.rubi.cat/perfil/rubi/recursos/recursos/ceip_torre_la_llebre.pdf [Consultat i descarregat: 13/12/2013]

Normativa

- Ministerio de Fomento. Código Técnico de la Edificación. *CTE – DB – HE: Documento básico HE. Ahorro de Energía*. (2013)
- Ministerio de Fomento. Código Técnico de la Edificación. *CTE – DB – HR: Documento básico de protección frente al ruido*. (2009)
- Generalitat de Catalunya. *Decret 21/2006: Ecoeficiència*. (2006)
- Norma UNE-EN 12464-1:2003: *Norma europea sobre la iluminación de interiores*. (2003)
- Norma UNE-EN ISO 7730: *Ergonomía del ambiente térmico*. (2006)
- Real Decreto 233/2013: *obligación de calificar energéticamente los edificios*. (2013)

Fonts orals

- Enric Xercavins i Valls
- Josep Milà
- Jordi Nuñez
- Juan Manuel Sánchez
- Manel Escobar

9. AGRAIMENTS

Per a la realització d'aquest projecte ha estat imprescindible l'aportació d'informació i suport de diverses persones a les que vull agrair la seva ajuda.

Primerament, al meu tiet Enric Xercavins, tècnic industrial especialista en càlcul d'estructures, que sempre ha estat disposat a oferir-me tot la informació que tenia disponible de l'escola i des d'un inici m'ha indicat on i com trobar informació i proporcionar-me contactes que m'han ajudat molt a obtenir dades. A més, m'ha animat des del principi a realitzar el projecte i no demorar-ne la realització.

A en Manel Escobar, conserge de l'escola, vull agrair-li especialment la seva ajuda i la informació que m'ha proporcionat. M'ha guiat en totes les visites fetes al centre i sempre m'ha donat facilitats per realitzar el treball de camp. Així mateix, estenc l'agraïment a tot el personal de l'escola (directors, secretaris, professors...) que han col·laborat quan ha estat oportú i dels que guardo un molt bon record en la meua etapa d'alumne al CEIP Torre de la Llebre.

També agraeixo la informació indispensable que ha aportat Josep Milà, arquitecte de l'Ajuntament de Rubí i projectista de l'escola, que molt amablement m'ha rebut per explicar-me els meus dubtes i proporcionar-me la informació del centre, a més de proporcionar els contactes indicats per entendre les instal·lacions del centre i les seves característiques. Així mateix, agraeixo l'atenció de Jordi Nuñez i Juan Manuel Sánchez, que m'han guiat en l'obtenció de dades referents a les instal·lacions del centre i els consums que ha patit.

Agraeixo també a Patricia Mir-Mir la seva col·laboració en la redacció de la part de traducció a l'anglès de la memòria.

Igualment, a les meves tutores Immaculada Rodríguez i Angelina Peñaranda els agraeixo la seva amabilitat a l'hora de rebre'm per solucionar dubtes i guiar-me en la realització del projecte.

Finalment, agraeixo a la meua família, als meus pares i germans, el suport moral donat durant l'elaboració del treball. També als meus amics i companys de feina, per la seva comprensió i ànims que m'han donat.

I de manera especial, vull dedicar l'últim agraïment a la meua xicota Sara, per animar-me durant la realització del projecte i estar sempre al meu costat.

Moltes gràcies a tots.